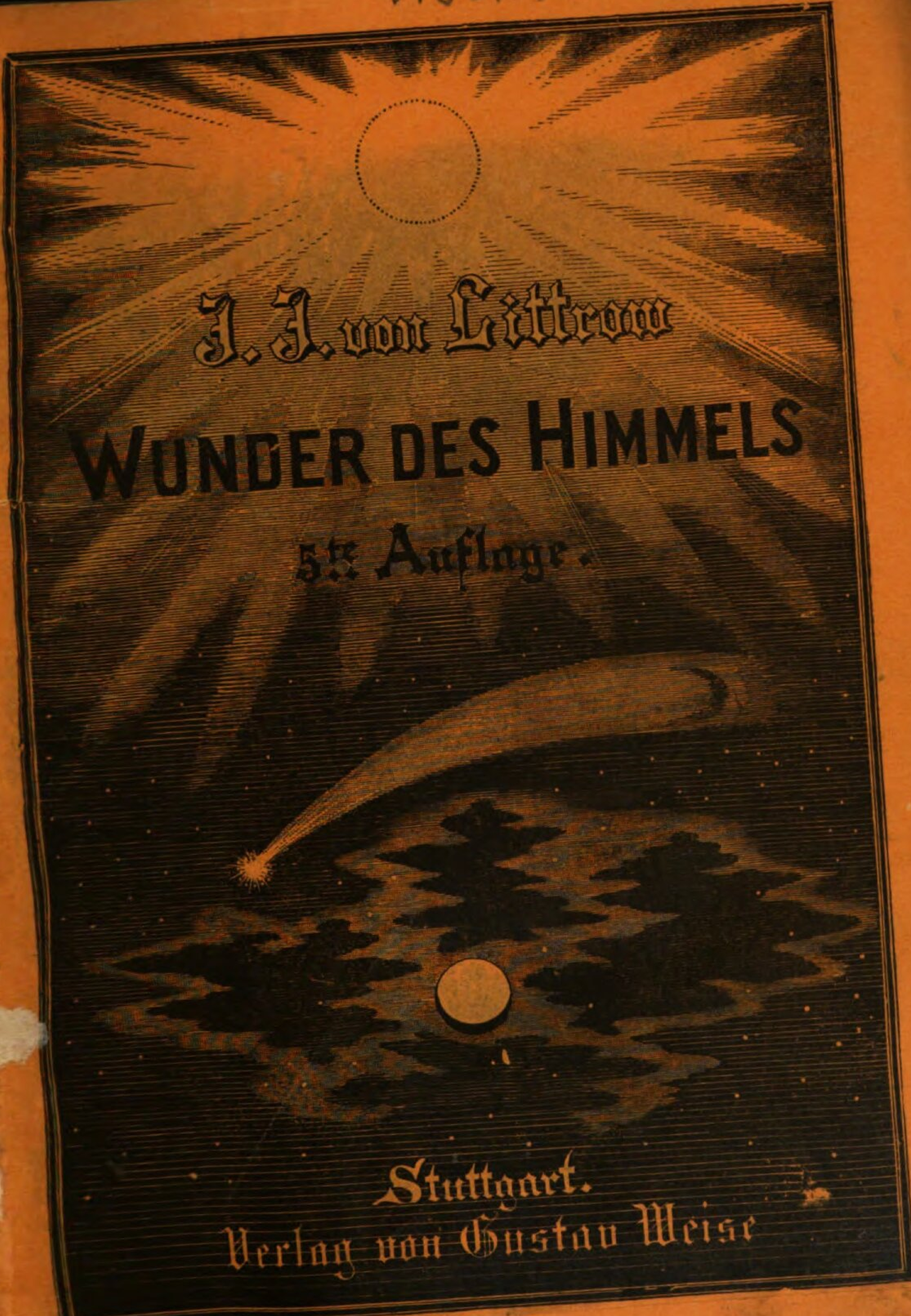
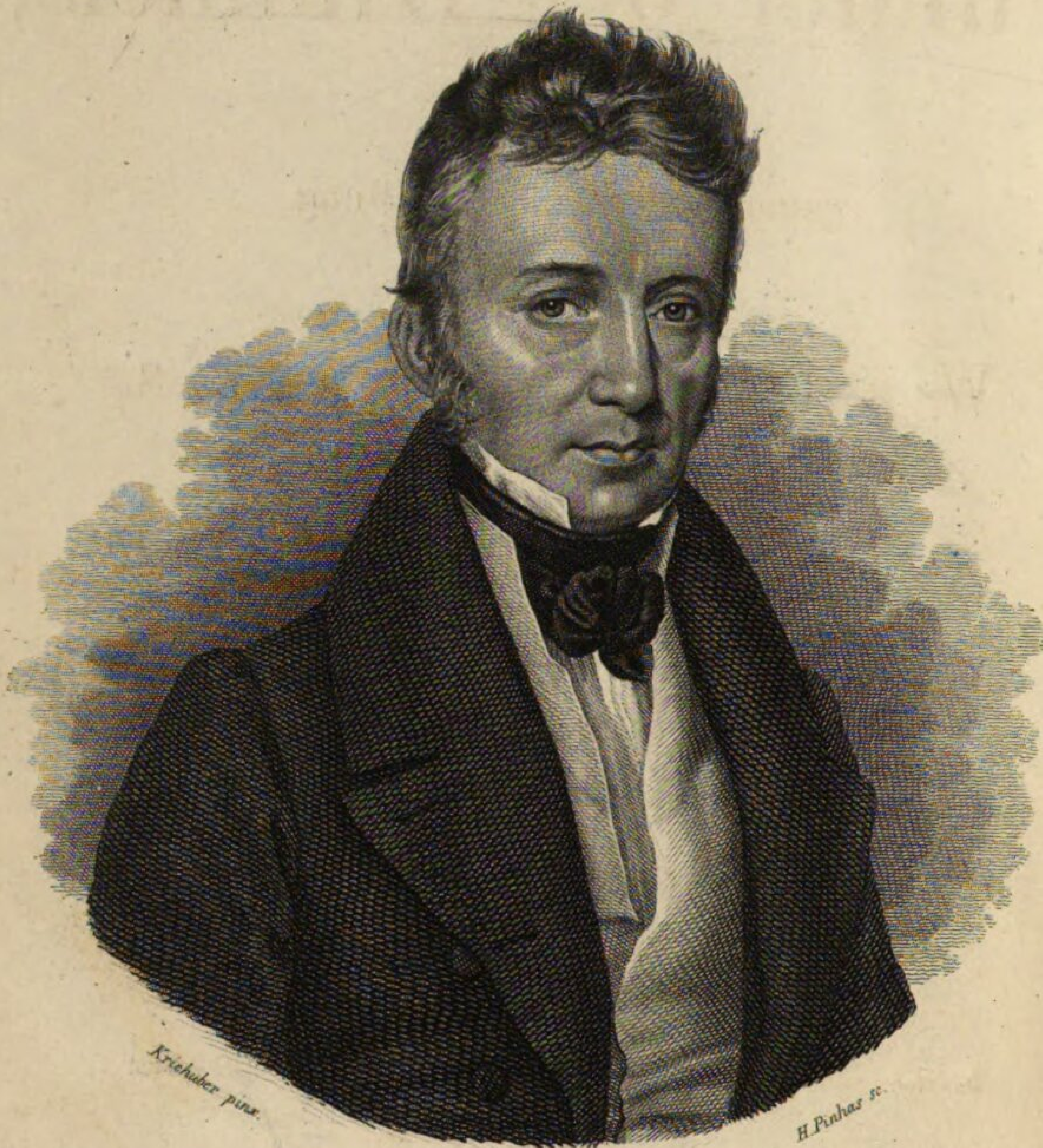
Astr. U. 101. ld — 1 Littrow


J. J. von Littrow
WUNDER DES HIMMELS
5te Auflage.
Stuttgart.
Verlag von Gustav Weise



J. J. Littrow.

Die

Wunder des Himmels,

oder

gemeinfassliche Darstellung

des

W e l t s y s t e m e s.

Von

J. J. von Littrow.

Fünfte Auflage.

Nach den neuesten Fortschritten der Wissenschaft bearbeitet

von

Karl v. Littrow,

Direktor der Sternwarte und Professor der Astronomie an der k. k. Universität zu Wien.

Mit 10 lithographirten Tafeln und 147 Holzschnitten.

Stuttgart.

Verlag von Gustav Weise.

1866.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.
Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede zur ersten Auflage.

Da der Versuche, die vorzüglichsten Lehren der Astronomie gemeinfasslich darzustellen, selbst in den letzten Jahren mehrere, und unter ihnen manche glückliche gemacht worden sind, so schien es mir gewagt, den wiederholten Aufforderungen freundlicher Leser nachzukommen, und jene Versuche noch mit einem neuen zu vermehren. Ich fügte mich endlich ihrem Wunsche, noch eh' ich selbst darüber einig war, auf welche Weise ich ihn am besten erfüllen sollte. Waren doch, wie es sich nur zu bald zeigte, sie selbst noch nicht darüber eins geworden. Die einen zogen eine ganz populäre, und durchaus keine anderen Kenntnisse voraussetzende Darstellung als die geeignetste für einen grossen Kreis von Lesern vor. Da aber eine solche mehrere der interessantesten Gegenstände nur an ihrer Oberfläche, und manche gar nicht berühren durfte, so glaubten die anderen, einen tiefer eindringenden, und mehr für bereits vorgebildete Leser geeigneten Vortrag vorziehen zu müssen. Dadurch würde aber das Ganze dem bei weitem grössten Theile der Leser weniger zugänglich geworden sein, und zwar eben jenem Theile, für welchen Schriften dieser Art vorzüglich bestimmt zu werden pflegen. Zwischen jenen beiden Parteien erhob sich eine dritte, die den jetzt zu einer Art von Mode gewordenen Wahlspruch des juste milieu auch hier geltend machen wollte, in der Erwartung, dadurch jene beiden Klassen von Lesern am besten zu befriedigen.

Wir wurden bald einig, der letzten Art der Darstellung den Vorzug vor den übrigen einzuräumen, aber wir waren und sind es noch nicht über die Mittel, diesen schönen, jedoch gewiss auch schweren Zweck zu erreichen.

Bei einer näheren Untersuchung wurde nämlich die nicht erfreuliche Entdeckung gemacht, dass beinahe alle die Vorschläge, welche beiden Theilen zugleich genügen sollten, oft noch mehr geeignet waren, es mit beiden zu verderben. Auch fehlt es nicht an Beispielen und verunglückten Versuchen aller Art, die, mich wenigstens, nicht aufmuntern konnten, denselben gefahrvollen Weg zu betreten.

Und doch war er so lockend, dieser Weg, und selbst die Schwierigkeiten, die er darbot, gaben ihm, wenigstens für alle diejenigen noch neue Reize, die nur einigermassen hoffen durften, sie auch glücklich zu besiegen.

Allein zu diesen Letzteren konnte ich nicht gehören, und was Andere anzog, musste mich nur zurückhalten. Ich habe nun, unter den Malern meines Vaterlandes, lange genug den Pinsel geführt und Farben verbraucht, um wenigstens am Ende zu lernen, was man freilich besser schon gleich anfangs wissen sollte: seine eigenen Kräfte nicht zu überschätzen.

Bei dieser Ansicht, bei dieser Ueberzeugung dürfte ich sagen, glaubte ich am besten zu thun, wenn ich die ganze Unternehmung zurückwiese, und sie besseren Händen überliesse.

Indess, so sehr ich auch darauf bestand, die gefällig drängenden Freunde dachten anders. Aus einigen, vielleicht nicht ganz misslungenen Versuchen, die ich in jüngeren Jahren, wo man so gern Leichtigkeit für Genie hält, in mehreren kleinen Aufsätzen gewagt hatte, glaubten sie auch jetzt noch, auch für das Grössere noch, einen günstigen Erfolg hoffen zu dürfen.

Ich versuchte es also, ihnen einen der Pläne vorzulegen, die ich während unserer früheren Discussionen entworfen hatte, und den ich, wenigstens in Beziehung auf meine Kräfte, als den ausführbarsten betrachtete. Er fand ihren Beifall. Wird er aber auch den der Leser finden? — Das ist die Frage, die erst am Ende entschieden werden kann, und die ich, um sicher, oder vielmehr, um gar nicht zu gehen, lieber jetzt schon beantwortet wüsste.

Wenn es wahr ist, und wer zweifelt daran, dass die eigentliche Schönheit der Astronomie, die selbst unter denen, die sie nicht kennen, schon zu einer Art von Sprichwort geworden ist, weder in einem gedankenlosen Anstaunen des Himmels, noch in einer trockenen, chronikenmässigen Aufzählung seiner Wunder, sondern dass sie in dem Nachdenken über diese Wunder besteht, so kann es wohl auch eben so wenig bezweifelt werden, dass jede Darstellung dieser Wissenschaft auch ihre Richtung gegen dieses Nachdenken nehmen muss, wenn sie anders nicht ihren Zweck verfehlen, und, was ihrer ganz unwürdig wäre, in eine blosse, leere Unterhaltung zur beliebigen Zeitverkürzung für müssige Leute ausarten soll. Die Langeweile zu tödten, gibt es andere Mittel, und ein astronomisches Noth- und Hülfsbuch zu diesem Zwecke schreiben möchte ich nicht, wenn ich es auch könnte.

Auf der andern Seite aber, welches Recht hat der Verfasser einer Schrift, die er selbst eine „gemeinfassliche“ zu nennen beliebt, höhere mathematische Vorkenntnisse vorauszusetzen, die der grösste Theil der Leser nicht besitzt, oder wohl gar seinen Vortrag mit algebraischen Formeln, wie er glaubt, auszuschmücken, die den Augen der Meisten ein Gräuel sind, und deren blosser Anblick sie schon mit Entsetzen vor dem ganzen Buche erfüllt?

Beide Klippen zu vermeiden, habe ich einen, so viel ich weiss, noch nicht betretenen Mittelweg eingeschlagen. Die gegenwärtige Schrift nämlich zerfällt in zwei, nicht bloss ihrem Inhalte, sondern auch ihrer Darstellung nach, wesentlich verschiedene Theile, denen leicht, wenn jene nicht missfallen, ein dritter folgen dürfte. der die vorzüglichsten und interessantesten Momente der Geschichte der Astronomie enthalten soll. Der erste ist nämlich, ohne sich von dem beiden gemeinschaftlichen Hauptzwecke der Gemeinfasslichkeit zu entfernen, vorzugsweise mehr didaktischer Art, und der andere, auf den jener gleichsam vorbereiten soll, ist, wenn ich das Wort hier brauchen darf, auf Unterhaltung berechnet, auf Unterhaltung höherer Art meine ich, an der nur die eigentlich Unterhaltsamen, aber diese, wie ich wünsche und hoffe, gern und willig Theil nehmen werden. Sie werden, ich glaube es mit einiger Zuversicht auf den Stoff, wenn auch nicht auf die Behandlung desselben, sagen zu können, für die kleine Mühe, welche ihnen der erste Theil verursachen könnte, durch den zweiten reichlich entschädigt werden. Diesen Zweck noch mehr zu erreichen, und selbst den ersten Theil dem grösstmöglichen Kreise von Lesern zugänglich zu machen, habe ich ihm eine Einleitung vorausgeschickt, in welcher ich mich nicht nur über diese Anordnung des ganzen Werkes umständlicher äusserte, sondern in welcher ich

zugleich das Vorzüglichste über die ersten und nothwendigsten Vorkenntnisse und die eigentliche Kunstsprache der Astronomie kurz zusammenzustellen strebte. Ich suchte dadurch die Uebersicht des Ganzen zu erleichtern, Deutlichkeit und allgemeine Verständlichkeit zu befördern, und endlich in dem Werk selbst Wiederholungen und Circumlocutionen aller Art, zu welchen ich ausserdem gezwungen gewesen wäre, zu vermeiden; und ich ersuche daher jene Leser, die alle Vorreden zu überschlagen pflegen, wenigstens diese Einleitung näher anzusehen. Dass es mich freien würde, ihnen recht viele angenehme und zugleich nützliche Stunden verchafft zu haben, darf ich sie gewiss nicht erst versichen.

Wien, den 19. März 1834.

Der Verfasser.

Vorrede zur vierten Auflage.

Dem Bearbeiter der neuen Ausgabe eines Werkes, das in drei ungewöhnlich starken Auflagen den unbestrittenen Beifall der Lesewelt geerntet, fällt eine doppelte Aufgabe zu: er soll nicht nur für jene Verbesserungen und Zusätze Sorge tragen, die der Fortschritt des Faches mit sich bringt, sondern auch seine individuellen Ansichten in den Hintergrund treten lassen, und dem Werke jenen Charakter, durch welchen es eben seinen Ruf begründet, zu erhalten suchen. Ich habe mich bemüht, diesen beiden Rücksichten möglichst Rechnung zu tragen.

Was den ersten Punkt betrifft, so hat es wohl in der Geschichte der Astronomie noch kein Decennium gegeben, das an wichtigen und völlig feststehenden Entdeckungen so wie überhaupt Erweiterungen der Wissenschaft sich dem Zeitraume an die Seite stellen liesse, der seit der letzten Auflage der vorliegeuden Schrift abgelaufen ist. Wir haben in dieser Periode über zwanzig neue Planeten, vier bis dahin unbekannte Satelliten, mehr als dreissig Kometen kennen gelernt, und die meisten dieser Entdeckungeu waren von Verhältnissen begleitet, welche ihren Werth für die Förderung menschlichen Wissens nicht wenig erhöhen. Ebenso reiche Aufschlüsse sind uns während derselben Epoche in der Fixsternwelt zu Theil geworden. Der südliche Himmel, dessen Herrlichkeit uns vor Kurzem kaum mehr als aus flüchtigen Reiseberichten bekannt war, liegt jetzt mit allen seinen Einzelnheiten vor unserem erstaunten Auge offen aufgerollt. Die Zahl der Sonnen, deren Entfernung man bestimmt hat und die so der Unendlichkeit des Raumes gleichsam abgerungen wurden, mehrt sich mit jedem Jahre. Auch bei diesen Gestirnen wie bei Neptun ist es der Rechnung gelungen, uns durch ein geistiges Auge Himmelskörper zu zeigen, die sich unserer sinnlichen Wahrnehmung bisher entzogen. Grossartige Durchmusterungen des Firmamentes haben uns eine Uebersicht der Fixsternwelt verschafft, wie sie noch vor wenigen Jahren unter die frommen Wünsche gezählt werden musste. Mehrere totale Finsternisse der Sonne haben uns eine Atmosphäre dieses Centralkörpers unseres Planetensystemes erkennen lassen. Neue Instrumente sind erfunden, neue Experimente erdacht, und dadurch wichtige Forschungen in Jedermanns Bereich gebracht

worden u. s. w. — Solcher Reichthum des Stoffes musste mich anregen, und mir die Arbeit anziehend machen, hätte es auch nicht wie hier eine theure Pflicht der Pietät zu erfüllen gegolten.

Wenn mir bei den vielen Zusätzen und Umarbeitungen, die auf diese Weise nothwendig wurden, die Berücksichtigung des zweiten oben erwähnten Punktes, das Erhalten des Charakters der vorliegenden Schrift einigermassen erschwert wurde, so spornte mich andererseits zu doppelter Anstrengung in dieser Beziehung das Bewusstsein, dass das Werk seiner vielen Genossen ungeachtet, durch seine Vollständigkeit wie durch seinen Vortrag stets eine eigenthümliche Stellung behauptet hat. In ersterer Hinsicht dürften neben ihm nur die trefflichen Schriften von Sir J. Herschel (Outlines of astronomy) und J. H. Mädler (Populäre Astronomie) zu nennen sein. In der Behandlungsweise des Stoffes aber geht jedes dieser Werke, das unsere wie die eben genannten, von ganz verschiedenem Standpunkte aus. Während die »Wunder des Himmels« hauptsächlich den Zweck formeller Bildung verfolgen, und durch eine äusserst glückliche Verbindung von geschichtlicher mit demonstrativer Darstellung überall dahin zielen, die Auffassungskraft ihrer Leser, wessen Standes dieselben auch sein mögen, für die Phänomene des Weltalls überhaupt zu schärfen, suchen die »Outlines« insbesondere den angehenden Naturforscher anzuregen und Gebiete erspriesslicher Thätigkeit kennen zu lehren, strebt Mädler's Werk vorzugsweise mit dem beschreibenden Theile der Wissenschaft bekannt zu machen und so zu sagen topographisch zu unterrichten. Es ergänzen sich desshalb diese Schriften in merkwürdiger Weise, und wem um umfassendere Kenntnisse zu thun ist, wird keine derselben unbeachtet lassen dürfen, am füglichsten aber in der Ordnung, in welcher wir sie eben besprachen, an ihre Lektüre gehen. Eben diese Eigenthümlichkeit unseres Werkes, welche es als allgemeine Grundlage astronomischen Wissens voranstellt, hat mich bewogen, manche darin enthaltene Betrachtung, die nachgerade höchstens historischen Werth hat ohne weiter eigentlich fruchtbringend zu sein, wenn sie dieser Richtung des Buches wesentlich zukam, beinahe ungeändert beizubehalten.

Bei dem unvermeidlichen Anschwellen des Buches in der neuen Ausgabe hielt ich es für angemessen, die Verbindung, in welcher das vorliegende Werk von je her mit desselben Verfassers: »Atlas des gestirnten Himmels« stand, noch enger zu schliessen, und die zu gleicher Zeit erscheinende zweite Auflage der letzteren Schrift zu einer Ergänzung der »Wunder des Himmels« so weit zu machen, als es nur immer mit der Selbständigkeit beider Werke sich vertrug. Dadurch war ich in den Stand gesetzt, besonders in den zur II. Abtheilung gehörigen Abbildungen manche Kürzung vorzunehmen.

Es sei mir gestattet, bei Gelegenheit dieses Vorwortes die zahlreichen Verehrer des Verfassers auf eine Reihe grösstentheils belletristischer Aufsätze aufmerksam zu machen, die aus seiner Feder flossen, und nach seinem Tode von mir unter dem Titel: »J. J. v. Littrow's Vermischte Schriften« gesammelt und herausgegeben wurden. Sind diese Aufsätze an sich schon höchst instruktiv und unterhaltend, so dürfte jene Sammlung für die Leser der »Wunder des Himmels« um so mehr Interesse bieten, als dort häufig einzelne Fragen der Wissenschaft in gemeinfasslicher Weise speciell behandelt werden, und eine umständliche Biographie des Verfassers sammt dessen wohlgetroffenem Bildnisse beigegeben ist.

Noch habe ich den Wunsch auszusprechen, dass der gegenwärtigen Bearbeitung des vorliegenden Werkes der Beifall, den das Original in seinen

früheren Auflagen gefunden, nicht entgehen möge. Ich bin mir bewusst, für diesen Zweck das Meine redlich gethan zu haben. Für manche, hoffentlich als unwesentlich anzuerkennende Mängel, die sich demungeachtet eingeschlichen, diene mir vor allem als Entschuldigung, dass ich nicht am Druckorte wohne.

Wien, den 18. Juli 1853.

Karl v. Littrow.

Vorrede zur fünften Auflage.

Der Wunsch, den ich am Ende des Vorwortes zur vierten Auflage aussprach, ist erfüllt: das vorliegende Werk hat in meiner Bearbeitung, so wesentlich dieselbe auch an vielen Stellen einzugreifen gezwungen war, die Gunst der Leser bewahrt und die Nachfrage, welche schon während des Druckes der gegenwärtigen Ausgabe Statt fand, bestärkte meine Absicht, nun den Griffel, der in Form oder Inhalt Veraltetes zu löschen und Neues einzuschalten hat, mit völliger Freiheit und nur meiner Ueberzeugung folgend zu führen. Es entging so nur selten eine Seite mehr oder weniger wichtigen Veränderungen, deren mosaikartige Einfügung oft viel zu schaffen machte, mir aber endlich das befriedigende Gefühl gewährte, dem Buche diejenige Gestalt gegeben zu haben, welche mir nach bestem Wissen und Gewissen für heute die richtigste scheint.

Die Vergleichung der verschiedenen Auflagen eines Werkes wie das vorliegende gibt ein Stück Geschichte der Wissenschaft und lässt schnell erkennen, ob die Perioden zwischen den einzelnen Ausgaben zu den stationären oder zu den rasch fortschreitenden zählen. Wenn ich im Vorworte zur vierten Auflage den Zeitabschnitt zwischen dieser und der vorhergehenden Ausgabe als überreich an Erweiterungen der Wissenschaft bezeichnen konnte, so gilt solches in gleichem Masse von der Epoche zwischen der vorletzten und der gegenwärtigen Ausgabe. Die Zahl der Hauptplaneten, welche damals drei Dutzende kaum erreichte, hat sich seitdem nahe zum vollen Hundert erhoben und veranlasste zu lehrreichen Rückblicken über die Art, wie diese Entdeckungen gelangen, so wie zu interessanten Schlüssen über Vertheilung der Bahnen, über Wahrscheinlichkeit weiterer Funde etc. Von Kometen hatten wir in demselben Zeitraume mehrere prächtige Erscheinungen, die mit den mächtigen Mitteln der heutigen Optik unerwartete Einblicke in die Natur dieser räthselhaften Körper eröffneten. Unsere Ansichten über die physische Beschaffenheit der Sonne erlitten durch die Spectralanalyse, durch Einführung der Principien von der Erhaltung und Vicariirung der Kräfte, durch genaue Erforschung der Flecken und ihrer Bewegungen, der Wärmestrahlung des Sonnenkörpers, der merkwürdigen Phänomene bei totalen Finsternissen eine gänzliche Umbildung. Frühere Vermuthungen von Planeten, die der Sonne näher stünden als Merkur, dürfen nach neueren Wahrnehmungen nicht mehr wie bisher ganz von der Hand gewiesen werden. In Betreff der wahrscheinlichen Anzahl von Fixsternen waren wir noch vor Kurzem auf vage Hypothesen beschränkt, an deren Stelle nun umfassende, zu weiteren Schlüssen sichere Grundlagen bietende Zählungen treten. Unsere Kenntnisse über die

relative Helligkeit dieser Gestirne, so wie über Doppelsterne und Veränderliche haben wesentliche Ergänzungen erhalten; über die Natur der Nebelflecke sind uns wichtige Aufschlüsse zu Theil geworden u. s. w. Solche hier wie im Vorworte zur vierten Auflage nur eben angedeutete, riesige Fortschritte der Wissenschaft führten zu so durchgreifenden Umarbeitungen, dass das Buch nachgerade mir auch als geistigem Miteigenthümer werth werden darf.

Meines Vaters »Atlas des gestirnten Himmels,« der in zweiter, von mir revidirter Auflage zugleich mit der vierten Ausgabe des vorliegenden Werkes erschien, wurde nahe gleichzeitig mit der letzteren vergriffen und daher zum dritten Male soeben neu aufgelegt. Da demnach die enge Verbindung, in welche ich beide Schriften gesetzt, beifällig aufgenommen war, so liess ich es bei derselben bewenden: die beiden Bücher ergänzen sich vor wie nach, unbeschadet ihrer Selbständigkeit.

Der geneigte Leser möge, bevor ich ihm diese Blätter übergebe, eine Erinnerung gestatten, die mir Bedürfniss ist.

Als ich die vierte Auflage dieses Werkes redigirte, galt mir die lange, mühevolle Arbeit als ein Blüthenkranz, den ich auf das Grab meines unvergesslichen Vaters niederlegte; heute schreibe ich diese Worte an dem ersten Jahrestage des Todes meines geliebten Sohnes — Otto, der ein und zwanzig Jahre lang — der 14. Februar 1843 hatte mir ihn geschenkt — mein einziger Stolz, meine ungetrübteste Freude war. Ein unerbittliches Geschick riss ihn, an dem ich alles, was ich in der Wissenschaft und im Leben erfahren, mit dem schönsten Erfolge verwerthet hatte, in der vollen geistigen und körperlichen Kraft der Jugend von meinem Herzen, auf dass es nie wieder vernarbe. Wir waren einander nicht bloss Vater und Sohn, wir waren Freunde, Gesinnungs- und Arbeitsgenossen; wie ich in seinen ersten Leistungen ihm zu Hülfe war, so fing er jetzt an, mir beizustehen: der physikalische Theil des hier in völliger Umgestaltung erscheinenden Kapitels: »Die Sonne« rührt aus seiner Feder, die in zwei selbständigen Arbeiten: »Ueber eine neue Einrichtung des Spectralapparates« (Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wiss. mathem.-naturwiss. Klasse XLVII. Band) und »Ueber einen Heliostaten nach August's Princip« (ebenda XLVIII. Band) sich bereits mit Glück versucht hatte. Es erhob mich damals der Gedanke, dass so die dritte Generation eintrat für die Fortbildung eines Werkes, das von seinem Ursprunge an zu den Lieblingen der deutschen Lesewelt zählte. Aber dieses freudige Bewusstsein sollte mir nur zu Theil werden, um meinen Schmerz zu schärfen, um mir in jenem Beitrage der lieben Hand fortan ein Denkmal des unersetzlichen Verlustes zu zeigen!

Wien, den 7. November 1865.

Karl v. Littrow.

Inhalts-Verzeichniss.

(Die im Drucke hervorgehobenen Ziffern vor dem Artikel bedeuten den Paragraph, die Zahlen nach dem Artikel die Seite.)

Einleitung.

1. Kreise auf der Oberfläche einer Kugel 10. — **2.** Himmlische und irdische Kreise 12. — **3.** Axen und Pole 12. — **4.** Kreise, die durch die Pole anderer Kreise gehen 12. — **5.** Auf einander senkrecht stehende Kreise 13. — **6.** Wie grösste Kreise die Kugel und sich selbst theilen 13. — **7.** Neigung zweier Kreise gegen einander 13. — **8.** Horizont, Zenith und Nadir 14. — **9.** Sichtbare und unsichtbare Hemisphäre 15. — **10.** Verticalkreise und Höhe der Sterne 15. — **11.** Weltaxe, Weltpole, Aequator 15. — **12.** Nördliche und südliche Hemisphäre 15. — **13.** Declination und Declinationskreis 15. — **14.** Meridian 16. — **15.** Mittagslinie, Nord und Süd 16. — **16.** Ost und West 16. — **17.** Oestliche und westliche Hemisphäre 17. — **18.** Aequatorhöhe und Polhöhe des Beobachters 17. — **19.** Stundenwinkel 17. — **20.** Azimuth 18. — **21.** Ortsbestimmung der Sterne gegen den Horizont und Meridian 18. — **22.** Rectascension und Declination, Länge und Breite der Sterne 18. — **23.** Geographische Länge und Breite des Beobachters 19. — **24.** Parallelkreise, Tag- und Nachtbogen, Auf- und Untergang der Sterne 20. — **25.** Culmination der Sterne 21. — **26.** Circumpolarsterne, obere und untere Culmination derselben 22. — **27.** Bestimmung der Polhöhe des Beobachtungsortes und der Declination der Sterne 22. — **28.** Sternzeit 22. — **29.** Zusammenstellung des Vorhergehenden 23. — **30.** Einrichtung des Globus 23. — **31.** Orientirung des Globus 24. — **32.** Trigonometrische Linien 25.

Erste Abtheilung.

Theorische Astronomie

oder

allgemeine Erscheinungen des Himmels.

Kapitel I.

Gestalt der Erde.

1. Erste Erscheinungen am Himmel und auf der Erde 28. — **2.** Die Erde ist keine Ebene, und hat keine Unterstützung 29. — **3.** Kugelgestalt der Erde 30. — **4.** Wie viel wir von der Erde in grösseren Höhen übersehen 30. — **5.** Grösse der Erde 32. — **6.** Folgen der Kugelgestalt der Erde 33. - **7.** Beweise der Kugelgestalt der Erde. I. Aus der Ansicht ferner Gegenstände 34. — **8.** II. Aus Reisen in der Richtung des Meridians und um die Welt 34. — **9.** III. Aus Mondesfinsternissen 35. — **10.** IV. Aus der Gestalt anderer Gestirne 35. — **11.** Genauere Bestimmung der Gestalt der Erde, Naturmass 35.

Kapitel II.

Tägliche Bewegung der Erde.

12. Erscheinung der täglichen Bewegung des Himmels 41. — **13.** Aeussere Wahrscheinlichkeit der Bewegung des Himmels 43. — **14.** Tägliche Rotation der Erde 44. — **15.** Erklärung jener Erscheinungen durch die Rotation der Erde 44. — **16.** Innere Wahrscheinlichkeit der Rotation der Erde. Aus der Geschwindigkeit 46. — **17.** Aus der Grösse der übrigen Weltkörper 47. — **18.** Aus der Gleichförmigkeit der Bewegung so vieler Himmelskörper 47. — **19.** Aus dem Mangel des Mittelpunkts dieser Bewegung 47. — **20.** Beweise für die Rotation der Erde. I. Fall der Körper von grösseren Höhen 48. — **21.** II. Abplattung der Erde 50. — **22.** III. Verschiedenheit der Schwere auf der Erde 52. — **23.** Masse und Dichtigkeit der Körper 54. — **24.** Messungen der Schwere. Durch Wagen 56. — **25.** Durch Rollen 57. — **26.** Durch Attwood's Maschine 57. — **27.** Durch den Fall von grossen Höhen 57. — **28.** Durch andere Mittel 57. — **29.** Durch Spiralfedern 58. — **30.** Uebersicht des Vorhergehenden 59. — **31.** Wirkung der Schwere auf den Gang der Uhren 59. — **32.** Sekundenpendel 60. — **33.** Messung der Schwere durch Sekundenpendel 62. — **34.** IV. Beständige Ostwinde 62. — **35.** V. Rotation anderer Himmelskörper 64. — **36.** VI. Foucault's Pendelversuch 64. — **37.** Einwürfe gegen die Rotation der Erde 69.

Kapitel III.
Jährliche Bewegung der Sonne.

38. Erste Erscheinungen 72. — **39.** Woran die Bewegung der Sonne erkannt wird 72. — **40.** Die Sonnenbahn ist gegen den Aequator geneigt 74. — **41.** Vorläufige Bestimmung der Sonnenbahn 75. — **42.** Vereinfachung dieser genäherten Bestimmung der Sonnenbahn 76. — **43.** Quadrant als Instrument zum Höhenmessen 77. — **44.** Bestimmung der Polhöhe durch Beobachtung 78. — **45.** Bestimmung der Declination der Sterne durch Beobachtung 78. — **46.** Bestimmung der Declination aller übrigen Sterne durch Beobachtung 78. — **47.** Genauere Bestimmung der Lage der Sonnenbahn gegen den Aequator 79. — **48.** Bestimmung der Schiefe der Ekliptik und der Polhöhe zugleich 80. — **49.** Gnomon 81. — **50.** Säculäre Abnahme der Schiefe der Ekliptik 83. — **51.** Bestimmung der Nachtgleichenpunkte durch Beobachtungen 86. — **52.** Erläuterung dieser Methode durch ein Beispiel 88. — **53.** Orte der Sonne für alle Tage des Jahres 89.

Kapitel IV.
Jährliche Bewegung der Erde.

54. Doppelte Erklärung der jährlichen Bewegung der Sonne 93. — **55.** Die Sonne als vorzüglichster Körper des Planetensystems, steht wahrscheinlich in der Mitte desselben 95. — **56.** Die Erde bewegt sich um die viel grössere Sonne 95. — **57.** Analogie der Erde mit den übrigen Planeten 96. — **58.** Das bekannte Kepler'sche Gesetz der Planeten gilt auch für die Erde 97. — **69.** Die jährliche Bewegung der Erde ist eine Folge der täglichen 98.

Kapitel V.
Parallaxen und Entfernungen der Gestirne von der Erde.

60. Scheinbare Bewegung der Gegenstände 100. — **61.** Tägliche Parallaxe der Gestirne 101. — **62.** Bestimmung unzugänglicher Punkte und Linien auf der Oberfläche der Erde 101. — **63.** Wie man die Entfernung des Gestirns aus der bekannten Parallaxe desselben findet 104. — **61.** Wie die Parallaxe durch Beobachtungen bestimmt wird 105. — **65.** Wie die Grösse der Gestirne gefunden wird 107. — **66.** Genauigkeit der vorhergehenden Bestimmungen 108. — **67.** Entfernung und Grösse der Fixsterne 111. — **68** Jährliche Parallaxe der Fixsterne 112. — **69.** Die Entfernung der Fixsterne ist ungemein gross 113. — **70.** Negative Bestimmung der Entfernung der Fixsterne 114. — **71.** Wahre Grösse der Fixsterne 115. — **72.** Geschichte der Parallaxe 117.

Kapitel VI.
Aberration der Fixsterne.

73. Erste hieher gehörende Erscheinungen 121. — **74.** Messung der Geschwindigkeit des Lichts 124. — **75.** Nähere Betrachtung der Geschwindigkeit des Lichts 128. — **76.** Zerlegung der Kräfte 129. — **77.** Anwendung des Vorigen 131. — **78.** Ursache der Aberration 132.

Kapitel VII.
Jahreszeiten.

79. Vortheile der Abwechslung der Jahreszeiten 136. — **80.** Wenn die Erde eine andere oder gar keine Rotation um ihre Axe hätte 137. — **81.** Wenn die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfiele 138. — **82.** Schiefe Stellung der Erdaxe gegen die Ekliptik 138. — **83.** Erklärung der vier Jahreszeiten 139. — **84.** Heisse, kalte und gemässigte Zone der Erde 141. — **85.** Klimate der Alten 143. — **86.** Temperatur der verschiedenen Gegenden der Erde 144. — **87.** Schneegrenze und isothermische Linien 145. — **88.** Erscheinungen für eine grössere oder kleinere Schiefe der Ekliptik 146.

Kapitel VIII.
Planetensysteme.

89. Aufzählung der Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems 148. — **90.** Mannigfaltige Bewegungen der Planeten 148. — **91.** Bewegungen der unteren Planeten 149. — **92.** Bewegungen der oberen Planeten 150. — **93.** Graphische Darstellung dieser Bewegungen 151. — **94.** Diese Bewegungen sind nur scheinbar 152. — **95.** Periode dieser Bewegungen und synodische Revolution der Planeten 153. — **96.** Durchgang der Planeten durch die Ebene der Ekliptik 153. — **97.** Siderische Umlaufszeiten der Planeten 154. — **98.** Grundsätze der Planetentheorie bei den älteren Astronomen 156. — **99.** Ptolemäisches Planetensystem 156. — **100.** Fehler dieses Systems 157. — **101.** Aegyptisches Planetensystem 157. — **102.** Zwei verschiedene Arten von Ungleichheiten der Planeten 158. — **103.** Erklärung der ersten Ungleichheit durch den excentrischen Kreis 159. — **104.** Erklärung der zweiten Ungleichheit durch die Epicykel 161. — **105.** Bestimmung der Umlaufszeiten und der Halbmesser dieser beiden Kreise 162. — **106.** Fehler der epicyklischen Hypothese 163. — **107.** Kopernicus 164. — **108.** Kopernicanisches Planetensystem 165. — **109.** Erklärung der Erscheinungen durch dieses System 165. — **110.** Vorzüge dieses Systems 167. — **111.** Heliocentrischer und geocentrischer Ort der Planeten 169. — **112.** Theorie der Planeten in ihrer grössten Einfachheit 170. — **113.** Epoche und mittlere Bewegung der Planeten 170. — **114.** Neigung und Knoten der Planetenbahnen 171. — **115.** Länge der Planeten in der Bahn und in der Ekliptik, Breite und Argument der Breite 171. — **116.** Theorie der Planeten, mit Rücksicht auf die Neigung ihrer Bahnen 172. — **117.** Ableitung des geocentrischen Ortes aus dem heliocentrischen 173. — **118.** Correction der Elemente der Planetenbahnen 174. — **119.** Beobachtung der Distanzen der Planeten 175. — **120.** Bestimmung der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne 176. — **121.** Beobachtung der synodischen Revolutionen 177. — **122.** Benutzung der älteren Beobachtungen 178.

Kapitel IX.
Kepler's Gesetze,

123. Unvollkommenheit des Kopernicanischen Systems 179. — **124.** Tycho's Planetensystem 180. — **125.** Verfahren Kepler's 181. — **126.** Veränderung der scheinbaren Durchmesser und der Geschwindigkeiten der Planeten 181. — **127.** Woher diese Aenderungen kommen 182. — **128.** Verhältnisse dieser beiden Veränderungen 183.

— 129. Erstes Gesetz Kepler's 184. — 130. Untersuchung der wahren krummen Linie der Planetenbahnen 184. — 131. Verhältnisse der Entfernungen der Planeten von der Sonne 185. — 132. Nähere graphische Bestimmung der Planetenbahnen 186. — 133. Eigenschaften der Ellipse 187. — 134. Zweites Gesetz Kepler's 188. — 135. Bestimmung der Bewegung in der Ellipse 189. — 136. Anderer Ausdruck des ersten Gesetzes 190. — 137. Anwendung dieses Gesetzes auf die Bewegung der Planeten; mittlere und wahre Planeten 192. — 138. Gleichung der Bahn und elliptischer Radius Vector 193. — 139. Elemente der Planetenbahnen 194. — 140. Berechnung des elliptischen Orts der Planeten 194. — 141. Einrichtung der Planetentafeln 195. — 142. Erläuterung und Gebrauch dieser Tafeln 196. — 143. Drittes Gesetz Kepler's 198. — 144. Zusammenhang und Wichtigkeit dieser drei Gesetze 199. — 145. Nähere Bestimmung des ersten Gesetzes 200. — 146. Uebersicht des ganzen Planetensystems 202.

Kapitel X.

Nächste Folgen der elliptischen Bewegung der Planeten.

147. Bestimmung der Excentricität der Planetenbahnen 203. — 148. Bestimmung der Lage der Apsidenlinie 204. — 149. Folgen der Bewegung der Apsiden 205. — 150. Dauer der Jahreszeiten in verschiedenen Jahrhunderten 206. — 151. Zeitbestimmung. Sternzeit 208. — 152. Mittlere und wahre Sonnenzeit 209. — 153. Zeitgleichung 209. — 154. Gebrauch der astronomischen Uhren 211. — 155. Einführung der mittleren Zeit in das bürgerliche Leben 212. — 156. Vergleichung der Sternzeit mit der mittleren Sonnenzeit 213. — 157. Verwandlung dieser beiden Zeiten 214. — 158. Gebrauch der Sternzeit 216.

Kapitel XI.

Bewegungen der Satelliten.

159. Umlaufszeit und Entfernung des Mondes 217. — 160. Phasen des Mondes 218. — 161. Aehnliche Erscheinungen der Erde für den Mond 220. — 162. Aschgraues Licht des Mondes 221. — 163. Tägliche Bewegung oder Rotation des Mondes 221. — 164. Jahreszeiten des Mondes 222. — 165. Tageszeiten des Mondes 222. — 166. Messung der Entfernung des Mondes von der Sonne 223. — 167. Bewegung der Knoten und der Apsiden der Mondbahn 223. — 168. Säculäre Aenderung der mittleren Bewegung des Mondes 224. — 169. Beleuchtung der Erde ist nicht der Zweck des Mondes 225. — 170. Sonstige Einflüsse des Mondes auf die Erde 225. — 171. Verwickelte Bewegungen des Mondes 225. — 172. Mondesfinsternisse 226. — 173. Sonnenfinsternisse 230. — 174. Satelliten Jupiters 234. — 175. Merkwürdige Verhältnisse zwischen diesen Satelliten 234. — 176. Anwendung derselben zu andern astronomischen Untersuchungen 235. — 177. Bestimmung der geographischen Länge 235. — 178. Satelliten und Ring Saturns 236. — 179. Satelliten des Uranus 237. — 180. Satellit Neptuns 237.

Kapitel XII.

Refraction, Präcession und Nutation.

181. Höhe und Dichtigkeit der Atmosphäre 238. — 182. Refraction 239. — 183. Bestimmung de Grösse der Refraction 240. — 184. Horizontalrefraction 242. — 185. Terrestrische Refraction 244. — 186. Dämmerung 245. — 187. Allgemeine Reflexion der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre 246. — 188. Präcession der Nachtgleichen 247. — 189, Scheinbare Verrückung des Thierkreises durch die Präcession 249. — 190. Polarsterne für verschiedene Epochen 250. — 191. Nutation 251. — 192. Gemeinschaftliche Folgen der Präcession und der Nutation 252. — 193. Anwendung der Präcession auf chronologische Untersuchungen 253.

Kapitel XIII.

Gebrauch des Himmels- und Erd-Globus und der Sternkarten.

194. Vortheile dieser Instrumente 256.

Gebrauch des Himmels-Globus.

195. Darstellung des Himmels, wie derselbe jedem Beobachter zu einer gegebenen Zeit erscheint 257. — 196. Die Circumpolarsterne zu finden 257. — 197. Den Ort der Sonne und der andern veränderlichen Gestirne für jede Zeit unter den Fixsternen anzugeben 258. — 198. Aus der Rectascension und Declination eines Gestirnes die Länge und Breite desselben finden 258. — 199. Den Auf- und Untergang und die Morgen- und Abendweite finden 259. — 200. Die Zeit der Culmination und des Auf- und Untergangs eines gegebenen Gestirns finden 259. — 201. Den cosmischen Auf- und Untergang der Sterne zu finden 259. — 202. Für jede Stunde die Höhe und das Azimut eines Sternes für einen gegebenen Beobachtungsort zu finden 259. — 203 Für jede gegebene mittlere Zeit die Sternzeit zu finden 260. — 204. Den Tag zu bestimmen, an welchem die Sonne zu einer gegebenen Zeit auf- oder untergeht 260.

Gebrauch des Erd-Globus.

205. Darstellung der Jahreszeiten und ihrer Erscheinungen durch den Erd-Globus 260. — 206. Verhältniss der einzelnen Orte der Erde gegen einander 261. — 207. Bestimmung des Auf- und Untergangs der Sonne durch einen Erd-Globus 262. — 208. Wie die Erde zu jeder gegebenen Zeit von der Sonne beleuchtet wird 262. — 209. Den längsten und kürzesten Tag eines Ortes zu finden 263. — 210. Zeitbestimmung durch Höhenbeobachtungen der Gestirne 264. — 211. Gebrauch des Aequators statt der Rose 266. — 212. Den Ort der Erde finden, der zu einer bestimmten Zeit ein gegebenes Gestirn in seinem Zenith sieht 266.

Gebrauch der Sternkarten.

213. Erkennung der Gestirne durch Alignement 267. — 214. Beschreibung und näherer Gebrauch der Sternkarten 270. — 215. Tafeln der Präcession 271.

Zweite Abtheilung.

Beschreibende Astronomie

oder

Topographie des Himmels.

Kapitel I.

Die Sonne.

1. Masse der Sonne 279. — **2.** Grösse der Sonne 280. — **3.** Dichtigkeit der Sonne 280. — **4.** Fall der Körper auf der Oberfläche der Sonne 281. — **5.** Physische Beschaffenheit der Sonne 282. — **6.** Emanations- und Vibrations-Hypothese 283. — **7.** Interferenz 285. — **8.** Polarisation 289. — **9.** Spectrum 292. — **10.** Unsichtbare Theile des Spectrums 298. — **11.** Erhaltung der lebendigen Kraft 299. — **12.** Vergleichung der Wichtigkeit von Licht und Wärme 303. — **13.** Photosphäre, Flecken und Fackeln 306. — **14.** Grösse der Flecken 307. — **15.** Farbe und Structur der Flecken 309. — **16.** Periodicität der Flecken 310. — **17.** Rotation der Sonne 312. — **18.** Zone der Sonnenflecken 314. — **19.** Gesetze der Fleckenbildung 314. — **20.** Rotation der Sonne und Eigenbewegung der Flecken 316. — **21.** Structur der Fackeln 319. — **22.** Entdeckung der Flecken 320. — **23.** Entstehung der Flecken 322. — **24.** Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und anderen Erscheinungen 325. — **25.** Beschaffenheit und Erhaltung der Photosphäre 327. — **26.** Atmosphäre der Sonne 335. — **27.** Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen 337. — **28.** Natur der Protuberanzen und der Corona 338. — **29.** Hüllen des Sonnenkörpers 343. — **30.** Dreifache Bewegung der Sonne 343.

Kapitel II.

Hypothetische intramerkurielle Planeten.

31. Apriorische Vermuthungen 345. — **32.** Bestätigungen aus der Erfahrung 346.

Kapitel III.

Merkur.

33. Entfernung, Umlaufszeit, Masse u. s. w. 351. — **34.** Scheinbarer Durchmesser Merkurs 352. — **35.** Temperatur und Beleuchtung auf Merkur 353. — **36.** Sichtbarkeit Merkurs 353. — **37.** Phasen Merkurs 354. — **38.** Atmosphäre Merkurs 355. — **39.** Rotation Merkurs 356. — **40.** Jahreszeiten auf Merkur 356. — **41.** Hohe Berge auf Merkur 356. — **42.** Vorübergänge Merkurs vor der Sonnenscheibe 356.

Kapitel IV.

Venus.

43. Namen und Zeichen dieses Planeten 360. — **44.** Entfernung und Umlaufszeit der Venus 361. — **45.** Phasen und Sichtbarkeit der Venus 362. — **46.** Flecken und Atmosphäre der Venus 363. — **47.** Berge auf der Venus 365. — **48.** Rotation der Venus 365. — **49.** Tages- und Jahreszeiten der Venus 366. — **50.** Anblick des Himmels von der Venus 367. — **51.** Venusmond 367. — **52.** Wichtigkeit der Durchgänge der Venus vor der Sonne 369. — **53.** Wann diese Durchgänge statthaben 370. — **54.** Die ersten beobachteten Durchgänge der Venus 371. — **55.** Durchgang von 1761 371. — **56.** Frühere Versuche, die Horizontalparallaxe der Sonne zu finden 372. — **57.** Durchgang 1769 373. — **58.** Berechnung der beobachteten Durchgänge 374. — **59.** Methode, aus diesen Durchgängen die Sonnenparallaxe zu finden 375. — **60.** Gründe der Sicherheit dieser Methode 378. — **61.** Vergleichung der Durchgänge von Merkur und Venus 380. — **62.** Nachträgliche Bemerkungen zu dieser Methode 381. — **63.** Einfache Darstellung des Vorhergehenden 383.

Kapitel V.

Mars.

64. Obere und untere Planeten 384. — **65.** Entfernung, Umlaufszeit und Zeichen des Mars 385. — **66.** Flecken und Rotation des Mars 386. — **67.** Atmosphäre des Mars 387. — **68.** Abplattung des Mars 387. — **69.** Wichtige Dienste, die Mars der Astronomie geleistet hat 388.

Kapitel VI.

Asteroiden.

70. Merkwürdige Reihe in den Entfernungen der Planeten 388. — **71.** Entdeckung der älteren Asteroiden 389. — **72.** Neuere Entdeckungen von Asteroiden 394. — **73.** Anzahl und Ursprung dieser Planeten 404. — **74.** Grösse der Asteroiden 405. — **75.** Masse der Asteroiden 407. — **76.** Vertheilung der Asteroidenbahnen 407. — **77.** Bahnnähe und physische Zusammenkünfte der Asteroiden 410. — **78.** Grosse Störungen der Asteroiden 412.

Kapitel VII.

Jupiter.

79. Distanz, Umlaufszeit und Durchmesser etc. Jupiters 413. — **80.** Unterschiede der drei entferntesten Planeten von den andern 414. — **81.** Atmosphäre Jupiters 414. — **82.** Streifen und Flecken auf Jupiter 415. — **83** Rotation und Abplattung Jupiters 416. — **84.** Jahreszeiten auf Jupiter 417. — **85.** Masse Jupiters 417. — **86.** Anblick des Himmels auf Jupiter 420.

Kapitel VIII.

Saturn.

87. Entfernung und Umlaufszeit etc. Saturns 422. — **88.** Grösse und Masse Saturns 423. — **89.** Streifen und Atmosphäre Saturns 423. — **90.** Rotation und Abplattung Saturns 424. — **91.** Wie Saturn den früheren Astronomen erschien. 424 — **92.** Huyghens entdeckt den Ring Saturns 425. — **93.** Beschreibung des Rings 426. — **94.** Neigung und Knoten des Ringes 429. — **95.** Ursachen der Verschwindungen des Ringes 429. — **96.** Verschiedene Gestalten des Ringes wie er von der Erde gesehen wird 431. — **97.** Berge und Atmosphäre de Ringes 432. — **98.** Ueber die Rotation des Ringes 433. — **99.** Erklärung dieser Wiedersprüche 434. — **100.** A blick des Ringes vom Saturn aus gesehen 435.

Kapitel IX.

Uranus.

101. Entfernung und Umlaufszeit des Uranus 438. — **102.** Entdeckung, Name, Zeichen etc. 438. — **103.** Grösse und Masse des Uranus 439. — **104.** Satelliten des Uranus 439. — **105.** Tages und Jahreszeite des Uranus 440.

Kapitel X.

Neptun.

106. Entdeckung des Neptun 441. — **107.** Entfernung, Umlaufszeit, Grösse und Satellit des Neptun 441. — **108.** Bewohner des Neptun 442. — **109.** Wahrscheinlichkeit, dass die Planeten bewohnt sind 442. — **110.** Huyghen's Meinungen über die Bewohner der Planeten 443. — **111.** Kirchner's Meinung von den Bewohnern der Planeten 446. — **112.** Fontenelles Ansichten von den Bewohnern der Planeten 447.

Kapitel XI.

Der Mond.

113. Betrachtungen über eine Reise in den Mond 450. — **114.** Vortheile, die uns die Entfernung des Mondes zu der besseren Kenntniss desselben gewährt 453. — **115.** Wie dem Monde die Erde erscheint 453. — **116.** Tages- und Jahreszeiten auf dem Monde 455. — **117.** Wie auf dem Monde der Himmel erscheint 456 — **118.** Vordere und hintere Seite des Mondes 457. — **119.** Anblick des Mondes 459. — **120.** Nähere Beschreibung der Mondberge 460. — **121.** Gebirge, Rillen, Lichtstreifen etc. 461. — **122.** Ringgebirge des Mondes 462. — **123.** Wie die Höhe der Mondberge gemessen wird. Erste Methode 463. — **124.** Zweite Methode 464. — **125.** Dritte Methode 464. — **126.** Atmosphäre und Wasser auf dem Monde 464. — **127.** Topographie des Mondes 466. — **128.** Bewohner des Mondes 474. — **129.** Berechnung der Sonnenfinsternisse 479.

Kapitel XII.

Die Monde der vier äusseren Planeten und Uebersicht des ganzen Planetensystems.

130. Die vier Monde Jupiters 483. — **131.** Vorübergänge dieser Satelliten vor der Scheibe Jupiters 484. — **132.** Verfinsterungen dieser Monde 485. — **133.** Verfinsterungen Jupiters durch diese Monde 487. — **134.** Theorie der Satelliten Jupiters 488. — **135.** M rkwürdige Verhältnisse ihrer Bewegungen 488. — **136.** Anblick des Himmels von diesen Monden 489. — **137.** Entdeckung dieser Monde 489. — **138.** Satelliten des Saturn, Uranus und Neptun 490. — **139.** Uebersicht des ganzen Planetensystemes 491.

Kapitel XIII.

Kometen.

140. Anzahl der Kometen 493. — **141.** Gestalt der Kometen 495. — **142.** Grösse der Schweife der Kometen 496. — **143.** Sehr grosse Kometen 500. — **144.** Phasen der Kometen 502. — **145.** Durchsichtigkeit und Dichte der Kometen 503. — **146.** Masse der Kometen 504. — **147.** Kometen bewirken keine Störungen 504. — **148.** Berechnung der Kometenbahnen 505. — **149.** Kometen von bekannter Umlaufszeit 509. — **150.** Halley's Komet 510. — **151.** Frühere, ungewissé Erscheinungen dieses Kometen 512. — **152.** Spätere, gewisse Erscheinungen des Halley'schen Kometen 512. — **153.** Zweite Erscheinung 513. — **154.** Dritte Erscheinung 514. — **155.** Vierte Erscheinung 516. — **156.** Fünfte Erscheinung 517. — **157.** Sechste Erscheinung 518. — **158.** Komet von Olbers 523. — **159.** Komet Encke 523. — **160.** Komet von Biela 525. — **161.** Lage von Biela's Kometenbahn 529. — **162.** Starke Annäherung des Biela'schen Kometen zur Erdbahn im Jahre 1832 531. — **163.** Was hat die Erde überhaupt von den Kometen zu befürchten? 532. — **164.** Gründe gegen diese Besorgnisse 533. — **165.** Der periodische Komet von Faye 534. — **166.** Komet de Vico 1844 etc. 537. — **167.** Der grosse Komet vom Jahre 1843 539. — **168.** Der grosse Donati'sche Komet von 1858 546. — **169.** Grosse Kometen von 1860, 1861, 1862 554. — **170.** Aeltere Meinungen von den Kometen 561. — **171.** Einfluss der Kometen auf die Temperatur und Witterung 564. — **172.** Einfluss der Kometen auf Krankheiten 566. — **173.** Bewohner der Kometen 568.

Kapitel XIV.

Anzahl, Entfernung und Grösse der Fixsterne.

174. Scheinbare Grösse der Fixsterne 571. — **175.** Nähere Bestimmung der relativen Helligkeit der Fixsterne 571. — **176.** Veränderungen dieser Grösse der Fixsterne 573. — **177.** Farben der Fixsterne 574. —

178. Eintheilung der kleinen Sterne 574. — **179.** Anzahl der Sterne, geschlossen aus den Sternkatalogen, 575. — **180.** Andere Bestimmungen der Anzahl der Sterne 576. — **181.** Bemerkungen zu dieser Berechnungsweise 577. — **182.** Form unseres Fixsternhimmels 578. — **183.** Beschreibung der Milchstrasse nach J. Herschel 581. — **184.** Andere Milchstrassen 582. **185.** Daraus folgende Anzahl der Fixsterne 583. — **186.** Wahre Grösse der Fixsterne 584. — **187.** Leuchtkraft der Sterne 586. — **188.** Eigenbewegung der Fixsterne und der Sonne 586.

Kapitel XV.

Doppelsterne.

189. Sternreiche Gegenden des Himmels 590. — **190.** Doppelsterne 591. — **191.** Klassen der Doppelsterne 591. — **192.** Verhältnisse der doppelten Sterne zu den einfachen 592. — **193.** Verschiedenheit der Doppelsterne 592. — **194.** Eigenbewegung der Fixsterne 593. — **195.** Vertheilung der Doppelsterne am Himmel 593. **196.** Drei- und mehrfache Sterne 593. — **197** Bewegung der Doppelsterne um einander 594. — **198.** Bedeckungen der Fixsterne unter einander 595. — **199.** Erste Meinung von den Doppelsternen 596. — **200.** Bahnbestimmung der Doppelsterne 597. — **201.** Elemente der vorzüglichsten Doppelsterne 598. — **202.** Bemerkungen über einzelne Doppelsterne. dieser Tafel u. a. 599. — **203.** Das allgemeine Gesetz der Schwere wird auch von den Doppelsternen befolgt 605. — **204.** Farben der Doppelsterne 605. — **205.** Complementäre Farben 606. — **206.** Sind die Farben der Doppelsterne aus diesem Grunde zu erklären? 607. — **207.** Doppelsterne als Prüfungsmittel der Fernröhre 608. — **208.** Planeten der Doppelsterne 610. — **209.** Anblick des Himmels von diesen Planeten 612. — **210.** Veränderlichkeit der Eigenbewegung der Fixsterne 614. — **211.** Geschichte der Entdeckung der Doppelsterne 621.

Kapitel XVI.

Veränderliche Sterne.

212. Veränderliche Sterne 624. — **213.** Nähere Betrachtung der wichtigsten veränderlichen Sterne 631. **214.** Neue oder wieder verschwundene Sterne 631.

Kapitel XVII.

Sterngruppen und Nebelmassen des Himmels.

215. Verschiedenheit der Himmelskörper 635. — **216.** Die Milchstrasse 636. — **217.** Andere ähnliche Gegenstände des Himmels 636. — **218.** Aeltere Eintheilung dieser Gegenstände in Klassen 637. — **219.** Verzeichniss dieser Gegenstände 638. — **220.** Vertheilung der Nebel und Sterngnuppen am Himmel 638. — **221.** Eigentliche Sterngruppen 639. — **222.** Vorzüglichste Sterngruppen 640. — **223.** Nebelmassen des Himmels 644. — **224.** Sehr grosse und weit verbreitete Nebel 644. — **225.** Grössere unregelmässige Nebel 645. — **226.** Nebel mit regelmässiger Gestalt 646. — **227.** Doppelnebel 647. — **228.** Planetarische Nebel 648. — **229.** Sternnebel 649. — **230.** Sterne mit Nebelstrahlen 651. — **231.** Ringförmige Nebel 652. — **232.** Zwitternebel 653. — **233.** Crab-Nebula nach Rosse 654. — **234.** Nebel in der Andromeda 655. — **235.** Der grosse Nebel im Orion 655. — **236.** Sternhaufen und Nebelflecke des südlichen Himmels 657. — **237.** Eigenbewegung und Veränderlichkeit dieser Himmelsköper 659. — **238.** Natur der Nebelflecke 661.

Dritte Abtheilung.

Physische Astronomie

oder

Gesetze der himmlischen Bewegungen.

Kapitel I.

Anziehungskräfte.

1. Allgemeine Eigenschaften der Körper 667. — **2.** Bewegung der Körper, Anziehung und Abstossung derselben 668. — **3.** Molecular- und allgemeine Anziehung der Körper 669. — **4.** Nähere Betrachtung der Molecularkräfte 669. — **5.** Allgemeine Attraction 671. — **6.** Freier Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde 672. — **7.** Erstes Gesetz dieser Bewegung 673. — **8.** Zweites Gesetz dieser Bewegung 673. — **9.** Anwendung dieser Gesetze auf specielle Fälle 675. — **10.** Allgemeine Bemerkungen über diesen Gegenstand 676.

Kapitel II.

Allgemeine Schwere.

11. Einleitende Betrachtungen 677. — **12.** Vorgänger Newton's, Kopernicus und Kepler 679. — **13.** Hooke, Huyghens u. a. 679. — **14.** Veranlassung zu dieser Entdeckung Newton's 680. — **15.** Fragen, die sich Newton aufwarf 682. — **16.** I. Wie die Attraction wirkt 682. — **17.** II. Umlaufszeit des Mondes um die Erde 684. — **18.** III. Bestimmung des Erdhalbmessers der Erde 685. — **19.** Anziehung der Erde in grösseren Entfernungen von ihrem Mittelpunkte 686. — **20.** Wirkung dieser Attraction auf ruhende und bewegte Körper 687. — **21.** Fall der auf der Oberfläche der Erde geworfenen Körper 689. — **22.** Anwendung des Vorhergehenden auf den Mond 689. **23.** Berechnung des Falles des Mondes gegen die Erde 690. — **24.** Newton's Fehler in der Berechnung dieser Kraft 691. — **25.** Folgen, die er aus dieser Differenz ableitete 691. — **26.** Weitere Versuche Newton's, seine Absichten zu erreichen 692. — **27.** Endliche Entdeckung seines Irrthums 694. — **28.** Nächste Folge dieser Entdeckung 695. — **29.** Kurze Inhaltsanzeige der „Principien" 695. — **30.** Erste Aufnahme dieses Werkes 696. — **31.** Einfachere Ableitung des allgemeinen Gesetzes 698.

Kapitel III.
Masse und Dichtigkeit der Himmelskörper.

32. Abwägung der Weltkörper 700. — **33.** Nähere Bestimmung des Gesetzes der allgemeinen Schwere 701. — **34.** Anwendung dieses Satzes auf den Fall der Körper auf dem Monde 704. — **35.** Anwendung des Vorhergehenden auf künstliche Monde 705. — **36.** Vortheile der Mondsbewohner 706. — **37.** Meteorsteine 706. — **38.** Bestimmung der Masse der Sonne 709. — **39.** Vereinfachung der vorhergehenden Rechnungen 711. — **40.** Analoge Bestimmung der Massen der Planeten 711. — **41.** Andere Bestimmung der Masse der Sonne gegen die der Erde 713. — **42.** Ausdehnung dieses Gesetzes 712. — **43.** Bestimmung der Massen der Doppelsterne 713. — **44.** Grösse und Dichtigkeit der Himmelskörper 714.

Kapitel IV.
Elliptische Bewegung der Himmelskörper.

45. Bewegungen in krummen Linien überhaupt 715. — **46.** Zerlegung der Kräfte 715. — **47.** Bahn der geworfenen Körper auf der Erde 716. — **48.** Princip der Erhaltung der Flächen bei Bewegungen durch Centralkräfte 717. — **49.** Allgemeine Betrachtung der Kegelschnitte 718. — **50.** Ellipsen 719. — **51.** Parabeln 720. — **52.** Hyperbeln 720. — **53.** Anwendung auf die Bewegung der Planeten und Kometen 721. — **54.** Nähere Bestimmung der anfänglichen Geschwindigkeit 722. — **55.** Anwendung des Vorhergehenden auf die Bahn der Erde 723. — **56.** Wahrscheinlichkeit der Ellipse 724. — **57.** Die Kometen gehören einem Systeme höherer Ordnung 725.

Kapitel V.
Störungen der Planeten überhaupt.

58. Allgemeine Uebersicht dieser Störungen 727. — **59.** Schwierigkeit der Bestimmung derselben 728. — **60.** Erleichterungen: I. Grosse Entfernung der Gestirne von uns 729. — **61.** II. Grosse Masse der Sonne gegen die der Planeten 730. — **62.** III. Kleine Excentricitäten und Neigungen der Planetenbahnen 731. — **63.** IV. Grosse Entfernungen der Planeten unter einander 732. — **64.** V. Abgesonderte Betrachtung der Störungen 733.

Kapitel VI.
Periodische Störungen.

65. Zwei Klassen von Störungen 734. — **66.** Periodische Störungen des Mondes 735. — **67.** Evection 736. — **68.** Variation 737. — **69.** Jährliche Gleichung des Mondes 737. — **70.** Mondsstörungen von langen Perioden 738. — **71.** Bestimmung der Sonnenparallaxe und der Erdabplattung durch die Störungen des Mondes 738. — **72.** Periodische und specielle Störungen der Planeten 740. — **73.** Merkwürdige Störung zwischen Jupiter und Saturn 740. —

Kapitel VII.
Säculäre Störungen.

74. Säculäre Störungen des Mondes; Bewegung der Knotenlinie 743. — **75.** Bewegung der Apsiden der Mondesbahn 744. — **76.** Geschichte dieser Entdeckung 744. — **77.** Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes 745. — **78.** Säculäre Bewegung der Apsiden- und Knotenlinie 746. — **79.** Säculäre Störungen der Planeten 747. — **80.** Veränderlichkeit des tropischen Jahres 749. — **81.** Einfluss der Störungen auf die Jahreszeiten 750. — **82.** Säculäre Störungen als Mittel zur Bestimmung der Massen 651.

Kapitel VIII.
Entdeckung des Planeten Neptun.

83. Genaue Bahnbestimmung eines neuen Planeten 752. — **84.** Anomalien in der Bewegung des Uranus. Vermuthungen über die Existenz eines neuen Planeten jenseits Uranus 783. — **85.** Genauere Untersuchung der Uranusbewegung. Le Verrier 757. — **86.** Auffindung des neuen Planeten. Bestätigung von Le Verrier's Rechnung 765. — **87.** Name des neuen Planeten 766. — **88.** Adams' Arbeiten über die Uranustheorie 767. — **89.** Elemente der Neptunsbahn. Satellit des Neptun 771.

Kapitel IX.
Gestalt und Atmosphären der Planeten.

90. Anfängliche runde Gestalt der Körper 772. — **91.** Abplattung durch Rotation 773. — **92.** Rücksicht auf die verschiedene Dichtigkeit der Erdmasse 773. — **93.** Entfernung des ursprünglichen Stosses vom Mittelpunkte des Planeten 773. — **94.** Mittelpunkt der freien Rotation der Planeten 774. — **95.** Alter der Erde 775. — **96.** Höhe der Atmosphäre 776. — **97.** Zodiakallicht 777.

Kapitel X.
Ebbe und Fluth des Meeres und der Atmosphäre der Erde.

98. Imposantes Schauspiel der Ebbe und Fluth 777. — **99.** Erscheinungen der Ebbe und Fluth im Allgemeinen 778. — **100.** Perioden der Ebbe und Fluth 778. — **101.** Ursachen der Ebbe und Fluth 779. — **102.** Lokalverhältnisse, welche die Ebbe und Fluth bedingen 779. — **103.** Hafenetablissement und Totalfluth 779. **104.** Berechnung der Ebbe und Fluth 780. — **105.** Erklärung dieser Erscheinungen 780. — **106.** Bestimmung der Mondmasse und Geschichte der Theorie der Fluth 782. — **107.** Ebbe und Fluth der Atmosphäre 783.

Kapitel XI.

Andere merkwürdige Folgen der Störungen der Planeten.

108. Bei dem Monde ist die Revolution der Rotation gleich 783. — **109.** Scheinbare Librationen des Mondes 784. — **110.** Säculäre Aenderungen der Rotation des Mondes 785. — **111.** Ursachen dieser Erscheischeinung 785. — **112.** Der Mond in Verbindung mit Kometen 786. — **113.** Störungen der Kometen durch die Planeten und den Aether 786. — **114.** Unveränderliche Grössen im Sonnensysteme 787. — **115.** I. Stabilität der Erdachse 787. — **116.** Freie Achse der Rotation 789. — **117.** Anwendung auf die Erde 790. — **118.** II. Unveränderlichkeit des Tages aus den Umlaufszeiten 790. — **119.** III. Unveränderlichkeit der grossen Achsen der Planetenbahnen 792. — **120.** Geschichte dieser Entdeckung 793. — **121.** Erklärung dieser Erscheinung 794. — **122.** Die Erde war anfänglich in einem flüssigen Zustande 794. — **123.** Ursache dieses ursprünglichen Zustandes der Erde 795. — **124.** Centralfeuer der Erde 795. — **125.** Wirkung der Abnahme der Temperatur der Erde auf ihre Rotation 796. — **126.** Diese Wirkung der Temperatur auf die Rotation der Erde ist unmerklich 796. — **127.** Temperatur der Oberfläche, Alter der Planeten 797. — **128.** Wirkung der Sonne auf die Erdoberfläche 798. — **129.** Wirkung der Sonne auf andere Planeten 799. — **130.** Ueberblick des Vorhergehenden 800. — **131.** Gegenstände der Untersuchung für künftige Jahrhunderte 800.

Kapitel XII.

Ursprung des Weltsystems.

132. Bisher aufgestellte Geogonien 801. — **133.** Hypothesen von Leibnitz, Whiston u. a. 803. — **134.** Buffon's Hypothese 804. — **135.** Franklin's Hypothese 805. — **136.** Besondere Eigenschaften des Planetensystemes 807. — **137.** Laplace's Hypothese 808. — **138.** Rücksicht auf die Kometen bei dieser Hypothese 811. **139.** Bemerkungen über diese Hypothese 811.

Kap. XIII.

Dauer des Weltsystems.

140. Welche Art von Störungen hier betrachtet werden 813. — **141.** Vorzügliche Rücksicht auf drei Elemente der Planetenbahnen 814. — **142.** Berichtigung der vorhergehenden Betrachtung 815. — **143.** Merkwürdige, hieher gehörende Gleichungen 816. — **144.** Folgerungen aus dem Vorhergehenden 818. — **145.** Andere Gründe für die Stabilität des Sonnensystems 818. — **146.** Besondere Lage der Asteroidenbahnen 819. — **147.** Bewegung der Himmelskörper im widerstehenden Mittel 820. — **148.** Nothwendige Beschränkung der vorhergehenden Betrachtung 820.

Vierte Abtheilung.

Beobachtende Astronomie.

1. Ueber die Genauigkeit der astronomischen Bestimmungen 825. — **2.** Schwierigkeit der Verfertigung genauer Instrumente 827. — **3.** Instrumente der Alten: Gnomon 831. — **4.** Instrumente der Alten: Triquetrum, Astrolabium, Armillen 833. — **5.** Zeitbestimmung durch Instrumente der älteren Astronomen 835. — **6.** Zeitbestimmung der neueren Astronomen 838. — **7.** Correspondirende Höhen zu Zeitbestimmungen 838. — **8.** Correspondirende Höhen zur Bestimmung der Rectascension der Gestirne 842. — **9.** Quadranten mit zwei Fernröhren 843. — **10.** Mauerquadrant 845. — **11.** Entdeckung der Fernröhre 848. — **12.** Brechung der Lichtstrahlen durch eine Linse 851. — **13.** Einrichtung der Fernröhre 854. — **14.** Allmähliche Verbesserung der Fernröhre 956. — **15.** Anwendung der Fernröhre bei Mess-Instrumenten 862. — **16.** Mittagsrohr 865. — **17.** Rectification der Fäden des Mittagsrohrs 867. — **18.** Rectification des Mittagsrohrs: Horizontalität der Drehungsachse 869. — **19.** Rectification des Mittagsrohrs: Stellung im Meridian 872. — **20.** Andere Correctionen des Mittagsrohres 874. — **21.** Beobachtungen mit dem Mittagsrohre 875. — **22.** Zeitbestimmung bloss durch Hülfe eines mehrfachen Fernrohrs 877. — **23.** Zeitbestimmung selbst ohne Fernrohr 880. — **24.** Dent's Dipleidoscop und Steinheil's Passagenprisma 883. — **25.** Sonnenuhren 886. — **26.** Horizontal- und Aequatorialuhr 888. — **27.** Horizontale Sonnenuhr: zweite Methode 891. — **28.** Sonnenuhr für jede gegebene Fläche 892. — **29.** Meridiankreis 894. — **30.** Rectification des Meridiankreises 899. — **31.** Gebrauch des Meridiankreises 899. — **32.** Den Horizontalpunkt des Kreises zu finden 900. — **33.** Den Polpunkt des Kreises zu finden 902. — **34.** Kollimator 903. — **35.** Verschiedene Meridiankreise 904. — **36.** Höhenkreise 906. — **37.** Beobachtungen mit dem Höhenkreise 908. — **38.** Rectification des Höhenkreises 908. — **39.** Theodolit 910. — **40.** Gebrauch und Rectification des Theodoliten 912. — **41.** Eble's Zeitbestimmungswerk und Stundenzeiger oder Horoscop 914. — **42.** Aequatorial 916. — **43.** Vortheile, welche das Aequatorial bei den Beobachtungen gewährt 920. — **44.** Rectification des Aequatorials 923. — **45.** Hadley's Sextant 926. — **46.** Beobachtungen mit dem Sextanten 928. — **47.** Rectification des Sextanten 929. — **48.** Mikrometer 930. — **49.** Schraubenmikrometer 931. — **50.** Positionsmikrometer 932. — **51.** Heliometer 934. — **52.** Kreismikrometer 938. — **53.** Uhren im Allgemeinen 939. — **54.** Verschiedene Arten der Uhren 942. — **55.** Triebwerke bei Aequatorialen 944. — **56.** Transversalen, Vernier, Mikroscop 946. — **57.** Wesen der nautischen Astronomie 950. — **58.** Längenbestimmungen durch Telegraphen und Chronometer 954. — **59.** Längenbestimmungen durch Pulversignale, Sternschnuppen und Finsternisse 956. — **60.** Längenbestimmungen durch Monddistanzen 958. — **61.** Beobachtungsfehler der ersten Art 960. — **62.** Allmähliche Ausbildung der Astronomie 962. — **63.** Beobachtungsfehler der zweiten Art 964. — **64.** Wahrscheinlichkeit, wenn die Anzahl der möglichen Fälle unbekannt ist 967. — **65.** Nutzen der Wahrscheinlichkeits-Rechnung 968. — **66.** Sternwarten 969. — **67.** Nutzen der Astronomie 976. — **68.** Wichtigkeit des astronomischen Liebhaberthumes 981.

Berichtigungen.

Seite 213 Zeile 6 v. u. } lies 365.24220 statt 365.242255.
„ 214 „ 1 und 18 v. o. }
„ 214 „ 1 v. o. lies 0.9856475 statt 0.9856472.
„ 216 Tabelle, zwischen Januar 21 und 31 schalte ein: 3 39.
„ 238 Titel, lies Nutation statt Rotation.
„ 269 Zeile 2 v. u. lies welcher statt welchen.
„ 339 „ 7 v. u. nach Zeichnungen schalte ein: von de la Rue und nach Erscheinung ebenso: von 1860.
„ 341 „ 8 v. o. nach Bruhns schalte ein: im J. 1860.
„ 345 „ 4 v. u. lies Merkur statt Mond.
„ 351 „ 4 v. o. nach Zeichen schalte ein: ☿
„ 377 „ 18 v. u. lies „Der statt Der.
„ 388 „ 11 und 12 v. o. lösche die Worte: und dass sie sich überhaupt vielleicht mehrere Grade von ihrem Hauptplaneten entfernen.
„ 389 „ 6 v. o. lies 4mal 3 statt 3mal 3.
„ 397 „ 18 v. u. nach Entdeckung schalte ein: durch Luther.
„ 412 „ 3 v. o. lösche die Worte: wie Fides-Fortuna.
„ 415 „ 6 v. o. lies Campani statt Campana.
„ 422 „ 13 v. u. nach Symbol schalte ein: ♄
„ 458 „ 13 v. o. lies 137 statt 147.
„ 492 Fig. 73 bei der Zahl 52000 setze hinzu: g. M.
„ 524 Zeile 27 v. u. lösche die Worte: sowohl als des Faye'schen.
„ 535 lösche die Zeilen 13—16 v. o.
„ 579 Zeile 21 v. o. lies achten statt vierten.
„ 585 „ 7 v. o. lies 0''.5 statt 9''.5.
„ 589 „ 1 v. u. lies Sterne statt Sonne.
„ 592 „ 5 v. u. lies von solchen Sternen statt solche Sterne.
„ 594 „ 15 v. u. lies mehreren statt mehr.
„ 599 „ 4 v. o. lies §. 191 statt §. 218.
„ 601 „ 1 v. o. lies Klinkerfues statt Klinkerfuess.
„ 628 Tabelle, Nr. 87 nach Adler setze zu: oder Antinous.
„ 633 Zeile 2 v. u. lösche das Wort: ist.
„ 635 „ 8 v. u. lies einem statt dem.
„ 636 „ 10 v. o. lies §. 216 statt §. 116.
„ 644 „ 2 v. o. lösche das Wort in.
„ 656 „ 17 v. u. lies Huyghens'sche statt Huyghen'sche.
„ 729 „ 10 v. o. nach höchsten setze zu: Aufgaben.
„ 767 „ 3 v. o. lies Adams' statt Adam's.
„ 787 „ 17—19 v. o lösche die Worte: welche bis führte.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I. Sternkarte der nördlichen Hemisphäre.
„ II. „ „ südlichen „
„ III. Mondkarte nach Lohrmann und Mädler.
„ IV. Fig. 1, 2 Specialkarte einer Mondgegend nach Mädler und nach Lohrmann.
„ „ Fig. 3 Specialkarte des Higinus nach Mädler.
„ „ Fig. 4, 5 Detailzeichnung eines Sonnenfleckes nach A. Weiss.
„ V. Fig. 1 Jupiter nach W. de la Rue.
„ „ Fig. 2 Saturn „ „ „ „ „
„ VI. Komet Donati nach W. C. Bond.
„ VII. Sonnenfinsterniss vom 18. Juli 1860 nach W. de la Rue.
„ VIII. „ „ 28. Juli 1851 nach Schall.
„ IX. Sonnensystem.
„ X. Fig. 1, 4 Nebel in der Andromeda durch ein mittleres und durch ein starkes Fernrohr, letzteres nach G. Bond.
„ Fig. 2, 3 Nebel im Löwen nach J. Herschel und nach Lord Rosse.
„ Fig. 5 Nebel im Orion nach G. Bond.

Erster Theil.

Theorische Astronomie.

Bayerische
Staatsbibliothek
MÜNCHEN

Einleitung.

Unter allen Wissenschaften, die der menschliche Geist seit den ältesten Zeiten zu seiner eigenen Vervollkommnung auszubilden suchte, ist wohl die Astronomie diejenige, welche die längste Kette von grossen und wichtigen Entdeckungen darbietet. Es ist ohne Zweifel sehr weit von dem ersten, gedankenlosen Anschauen des Himmels bis zu jenem Blicke, mit welchem wir jetzt alle die mannigfaltigen Gegenstände desselben umfassen, mit welchem wir nicht nur die Erscheinungen längst vergangener Jahrhunderte, sondern auch diejenigen, welche die Folgezeit erst unseren späten Enkeln vorführen wird, mit einer Sicherheit bestimmen können, deren sich wohl nur wenige unserer menschlichen Wahrheiten zu erfreuen haben mögen.

Es kann für jeden, dem die Ehre seines eigenen Geschlechtes theuer ist, nicht anders als höchst interessant sein, zu erfahren, auf welchem Wege man zu diesen Kenntnissen gelangte. Die Bemühungen so vieler vorhergegangenen Jahrhunderte, und die Vereinigung der vorzüglichsten Männer aller gebildeten Nationen wurde erfordert, um die Astronomie auf diejenige Stufe ihrer Vollendung zu erheben, auf welcher sie jetzt den Gegenstand unserer Bewunderung, und, wie man sagt, den Stolz des menschlichen Geistes bildet.

Wie man sagt, und wie man vielleicht nicht sagen sollte. Denn so hoch auch das Ziel stehen mag, welches er zu erreichen strebte, und auch in der That, grossentheils wenigstens, erreicht hat — der Weg, welcher ihn dazu führte, auch die Art, wie er ihn zurücklegte, scheint mehr geeignet, uns mit bescheidener Demuth, als mit Stolz zu erfüllen, und uns, indem wir das Wenige, was uns nach so vieler Mühe von den grossen Werken der Natur zu wissen gegönnt ist, dankbar hinnehmen, durch diesen unseren sogenannten Reichthum selbst an unsere Armuth und an das Gefühl der Ohnmacht zu erinnern, welches der gewöhnliche Begleiter des Menschen auf seiner Bahn zur Wahrheit ist. Wir werden sehen, dass der menschliche Geist in dieser Wissenschaft in der That weiter als in allen anderen vorgedrungen ist, dass aber auch zugleich in keiner anderen das Verhältniss des Bekannten zu dem Unbekannten so klein ist, als in eben dieser, und dass die schönsten und wichtigsten Entdeckungen, deren wir uns rühmen, oft durch Zufall und auf Abwegen gemacht wurden, auf welchen man, ganz andere Schätze suchend

und nicht findend, Jahrhunderte lang ohne Rath und Steuer umhergeirrt war.

Beinahe die vollen vier ersten Jahrtausende unserer sogenannten Weltgeschichte verblieb die Astronomie in ihrer früheren, hülflosen Kindheit. Erst zwei Jahrhunderte vor dem Anfange der christlichen Zeitrechnung unternahm sie, in der Alexandrinischen Schule, unter dem Schutze der die Wissenschaften liebenden Ptolemäer, die ersten furchtsamen Schritte. Allein die darauf folgende Uebermacht der Römer, welche diese Wissenschaft nie cultivirten, und der gewaltsame Sturz ihres Reiches, der die ganze damals bekannte Welt erschütterte, begrub auch sie unter den Trümmern, die so lange Zeit nach jener Trauerepoche Kunst und Wissenschaft und Bildung jeder Art bedeckten. Gleichsam zum Ersatze erhob sich, im siebenten Jahrhundert, ein Nomadenvolk der Wüste, ein Volk von Eroberern, die Araber, berühmt durch das kurze, aber weithin schimmernde Glück ihrer Waffen, und nicht minder gross durch den Schutz, dessen sich unter ihrer Aegide die Wissenschaften, und vorzüglich die Königin derselben, die Astronomie, erfreuten. Aber nur zu bald wieder lagerte sich, mit dem Untergange dieses Heldenvolkes, eine tiefe Nacht der Barbarei über den Erdball. Unwissenheit und Aberglaube wurden das Losungswort der verwilderten Nationen. Allgemeine Entartung der Sitten, abenteuerliche und unmenschliche Kriege, und ihr gewöhnliches Gefolge, stumpfe Ermattung, Mangel und Noth und verheerende Seuchen füllen die Blätter der nächstfolgenden Jahrhunderte der Menschengeschichte.

Endlich, fünfzehnhundert Jahre nach dem Anfange unserer Zeitrechnung, schien der Genius des so lange verlassenen Geschlechtes wieder aus seinem tiefen Schlafe zu erwachen. Ueber das in Blut getränkte, mit den Ruinen der Barbarei bedeckte Europa schwang er zum zweiten Male seine Fackel, nachdem er sie in Asien und Afrika, wie es scheint für immer, gelöscht hatte, und beleuchtete mit ihren wohlthätigen Strahlen neue, der Cultur ganz ungewohnte, der bisherigen Menschengeschichte ganz unbekannte Gegenden. Von ihrem Lichte geleitet entdeckte Columbus die neue Welt, und Copernicus das neue Planetensystem. Mit beiden brach die Epoche eines anderen und besseren geselligen und geistigen Lebens an. Aus dem Schosse Deutschlands war die wichtigste aller Erfindungen hervorgegangen, die uns die Erhaltung aller übrigen sichern, und jeden Rückfall in die frühere Barbarei unmöglich machen sollte, während in Italien, unter den Medicäern, die Schriften der Griechen und Römer wieder aus ihren Gräbern stiegen, und die schönen Künste, von dem belebenden Geiste der Alten angehaucht, in fröhlicher Blüthe standen.

Drei Jahrhunderte sind seitdem verflossen, glänzende, ruhmvolle Jahrhunderte für das Menschengeschlecht, und noch beben die Saiten, noch vernimmt das geistige Ohr die Schwingungen der, in jener Epoche der Wiedergeburt angeregten, himmlischen Töne. Noch sind wir, so wünschen, so hoffen wir, im Fortschreiten begriffen; zu breit, zu tief fliesst der Strom der Erkenntniss vor unsern Blicken, als dass eine Dämmung desselben durch Wiederkehr der alten feindlichen Mächte, in unseren Tagen wenigstens, befürchtet werden könnte.

Zwei Dinge sind es, sagt der unsterbliche Mann, der Deutschland zur philosophischen Schule Europa's gemacht hat, zwei Dinge sind es, die vor allen andern würdig erscheinen, die Aufmerksamkeit des menschlichen Geistes zu fesseln, und die ihn mit immer neuer Bewunderung erfüllen: das moralische Gesetz in uns, und der gestirnte Himmel über uns.

Jenes erste trägt jeder Mensch in seinem eigenen Busen, und es liegt ihm nahe genug, um hier keiner weiteren Erläuterung zu bedürfen. Das zweite aber — was ist es, das uns an ihm ergötzt, und das, auch noch so oft betrachtet, uns immer wieder zu ihm zurückzieht? Worin besteht eigentlich der so oft gerühmte, grosse Genuss, den der Anblick des gestirnten Himmels jedem gebildeten und gefühlvollen Menschen gewährt?

Der blosse Anblick desselben allein kann es nicht sein, so wenig als der Anblick einer grossen, zur Nachtzeit von unzähligen Lampen beleuchteten Stadt, so wenig, als der eines endlosen Fackelzuges oder als jener des unermesslichen Meeres. Die Einförmigkeit aller dieser Dinge, so gross sie auch an sich sein mögen, wird uns bald ermüden, und auch das über uns ausgespannte Gewölbe des Himmels mit seinen Tausenden von Sternen würde uns nicht länger fesseln, als etwa das eines mit eben so vielen Lichtern besetzten Doms, den wir das erstemal anstaunen, und an dem wir später vielleicht gleichgiltig und gedankenlos vorübergehen.

Sollte es nicht eben diese Gedankenlosigkeit sein, die den Anblick des gestirnten Himmels, der sich für den Gebildeten bei jeder folgenden Betrachtung mit immer neuen Reizen schmückt, für den Wilden nur zu einer höchst gleichgiltigen Sache macht? — Wie viele derselben gibt es, und nicht blos in den Wäldern von Amerika und Neuholland sondern auch in den Hauptstädten Europa's, die die Sonne und den Mond und dieses zahllose Heer von Sternen täglich vor sich auf- und untergehen sehen, ohne sich nur ein einziges Mal zu fragen, woher sie kommen und wohin sie gehen, und warum sie ewig in denselben Kreisen um die Erde ziehen!

Das Nachdenken über diese Gegenstände, und die nähere Betrachtung derselben mit unserem geistigen Auge, dieses muss es also sein, das uns so mächtig an sie zieht, und das, weit entfernt, uns durch die Einförmigkeit des Anblicks zu ermüden, uns vielmehr immer neue, und immer grössere Schönheiten dieser Gegenstände entdecken lässt.

Wir werden bald sehen, welche Gelegenheiten zu diesem Nachdenken uns die Astronomie, beinahe auf allen ihren Blättern, darbietet. Sie soll uns, nach dem Ausspruche jenes alten Weisen, lehren, »wie die Himmel die Ehre Dessen erzählen, der sie gemacht hat.« — Welche schönere Genüsse, welche erhabenere Betrachtungen könnte selbst ein Seraph zu den seinigen wählen! Wenn es uns auch nicht vergönnt ist, mit dem Blicke dieser höheren Geister bis in das Innere des Heiligthums der Natur zu dringen, so wollen wir doch, so viel an uns ist, diesem hohen Ziele näher zu kommen, und unsern eigenen Geist durch die uns mögliche Erkenntniss jener Gegenstände zu erheben und immer mehr zu veredeln suchen.

Ehe wir uns aber zu diesem Geschäfte anschicken, wird es nöthig sein uns zuerst von den Vorurtheilen zu befreien, die uns von unserer

ersten Jugend an umgeben, und welche uns die reine Ansicht der grossen Werke der Natur so gut als ganz unmöglich machen. Und auch dazu wird uns diese Wissenschaft selbst die beste Gelegenheit geben. Denn beinahe alle ihre Lehren stehen im geraden Widerspruche mit den Meinungen der grossen Menge, ja selbst mit den unmittelbaren Eindrücken unserer Sinne. So scheint uns die Erde, auf der wir stehen, so fest und wohlgegründet, dass sie in beinahe allen unsern Sprachen zum Symbole der Stetigkeit geworden ist, während sie doch mit allem, was in und auf ihr ist, selbst mit dem sie umgebenden Luftmeere, täglich, wie ein Kreisel um ihre eigene Axe, und jährlich von einer unsichtbaren Hand um die Sonne mit einer Geschwindigkeit geführt wird, die jene sehr weit übertrifft, welche wir den Körpern der Erde durch die Kraft des Pulvers oder der Dämpfe geben können. Der Mond und die Sonne erscheinen uns als kreisrunde Scheiben von nur mässiger Grösse und Entfernung, da doch jener über fünfzig Tausend, und diese über zwanzig Millionen deutsche Meilen von uns absteht, und überdiess diese unsere Erde selbst über anderthalb Millionen Mal an körperlicher Grösse übertrifft. Jene Planeten, oft kaum bemerkbare Punkte des Himmels, sind Erden, ähnlich der unseren, von Tausenden von Geschöpfen bewohnt, und jene Sterne, schwache Lichtfunken, die, ihrer zahllosen Menge ungeachtet, kaum unsere Nächte spärlich erleuchten, sind eben so viele Sonnen, Licht- und Lebens-Quellen für Myriaden von Planeten, die sich alle, Einem grossen Gesetze gehorchend, seit undenklichen Zeiten in nie gestörter Ordnung um jene Centralkörper bewegen. Ja diese unsere Erde selbst, unser Wohnort, unsere Wiege und unser Grab, diese ganze grosse Erde ist nur ein Punkt, den man vielleicht von den nächsten Hauptgliedern der Sonnen-Familie, von den übrigen Schwesterplaneten, nicht einmal bemerkt. So klein, so ganz verschwindend erscheint uns, von jenem höheren Standpunkte betrachtet, selbst das, was wir bisher das Grösste nannten. Diese Erde ist nichts gegen das Sonnensystem, dieses Sonnensystem ist nichts gegen den Weltraum, den wahrhaft zahllose ähnliche Systeme erfüllen.

Uebrigens ist die Aufgabe, die Wunder dieser Schöpfung nicht blos anzustaunen sondern in ihrer Wechselwirkung und in ihrem inneren Zusammenhange zu erkennen keine leichte, und die Lösung derselben, so weit sie uns bisher gelungen ist, war wohl der Bemühungen so vieler Jahrhunderte und der Vereinigung der vorzüglichsten Männer aller Völker in hohem Grade werth. Die Erscheinungen, welche uns der gestirnte Himmel darbietet, sind so mannigfaltig und so sonderbar in einander verschlungen, dass nur der vereinigte Scharfsinn der Besten einer jeden Zeit und eines jeden Volkes im Stande sein konnte, diese Verwickelungen zu lösen und in der scheinbaren Unordnung jene Einheit und Harmonie zu finden, welche noch immer die Werke der Natur, wo wir sie näher kennen lernten, ausgezeichnet haben. Es war ohne Zweifel mit ganz besonderen Schwierigkeiten verbunden, in diesem Gewirre von Complicationen die Hauptursache derselben, die Bewegung der Erde, von der aus wir alle jene Phänomene zu betrachten gezwungen sind, zu erkennen und dadurch die blos scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper von den wahren zu trennen; dann von der Kenntniss dieser wahren Bewegungen zu den Gesetzen überzugehen, nach welchen die Planeten in ihren elliptischen Bahnen um die Sonne laufen, und endlich

von diesen Gesetzen sich bis zu dem Prinzip der allgemeinen Gravitation zu erheben, zu jenem Grundgesetze des Himmels, durch welches alle jene so mannigfaltig verwickelten Erscheinungen auf die einfachste und vollständigste Weise dargestellt werden.

Um von den Schwierigkeiten, mit welchen die Auflösung dieser Aufgabe verbunden ist, den Lesern schon hier einen Begriff zu geben, wollen wir bemerken, dass das Hauptgeschäft der Astronomen darin besteht, die uns zunächst umgebende Welt oder die Körper unseres Sonnensystems näher kennen zu lernen. Denn was jenseits dieses Systems liegt, ist so weit von uns entfernt, dass uns eine genauere Kenntniss desselben wohl immer versagt sein wird. Und wie weit sind sie in ihrer Kenntniss jener nächsten Körper gekommen? — Sie können von den meisten derselben den Ort, welchen sie zu einer bestimmten Zeit am Himmel einnehmen werden, auf mehrere Jahrhunderte vor- und rückwärts mit Genauigkeit angeben. Sie sind im Stande, ihr Fernrohr heute auf ihrer Sternwarte so zu stellen, dass sie mit mathematischer Sicherheit erwarten können, Jupiter z. B. werde, nach dem Verlaufe mehrerer Jahrhunderte, zu einer bestimmten Sekunde, in der Mitte dieses unverrückt gebliebenen Fernrohrs erscheinen. — Wem diess unglaublich scheint, der mag nur bedenken, dass dieselben Astronomen auch die Sonnenfinsternisse, d. h. die Zeiten, wo der Mond vor die Sonne tritt, bereits auf Jahrhunderte voraus berechnet haben, und dass die Resultate dieser Berechnungen mit den darauf folgenden Beobachtungen genau übereinstimmen. Welche Kenntnisse und Vorarbeiten der verschiedensten Art mögen aber erfordert werden, um dieses Ziel zu erreichen?

Wir werden in der Folge sehen, dass jeder Körper der Natur alle anderen im Verhältnisse seiner Masse und verkehrt wie das Quadrat seiner Entfernung von demselben anzieht, und dass eben in diesem Gesetze das erwähnte Prinzip der allgemeinen Schwere besteht. Wenn blos die Kraft der Sonne auf die Planeten wirkte, so würden die letzten in rein elliptischen Bahnen um die Sonne gehen. Da aber diese Planeten selbst ebenfalls eine, wenn gleich viel geringere Masse, als die Sonne haben, so werden auch diese nach demselben allgemeinen Prinzip nicht nur gegen die Sonne sondern auch gegen einander gravitiren, oder jeder Planet wird nicht blos von der Sonne sondern auch von allen übrigen Planeten zugleich angezogen werden, und die erwähnte einfache elliptische Bahn eines jeden wird jetzt, durch die gemeinsame Einwirkung aller Planeten unter einander, eine äusserst zusammengesetzte und verwickelte krumme Linie werden, deren genaue Bestimmung wenigstens jetzt und wahrscheinlich für immer die menschlichen Kräfte weit übersteigt.

Während z. B. Jupiter durch die blosse Einwirkung der Sonne in einer Ellipse von mehr als 650 Millionen deutschen Meilen um dieselbe geführt wird, suchen ihn alle andern Planeten immerwährend aus dieser seiner Bahn herauszuziehen. Nach den verschiedenen Lagen dieser Planeten zieht ihn der eine näher zur Sonne, während ihn der andere davon entfernt; dieser reisst ihn auf seinem Wege vorwärts, jener zurück; dieser erhebt ihn über, jener stösst ihn unter seine ursprüngliche Bahn, und es ist leicht abzusehen, dass alle diese immerfort wirkenden Störungen nicht nur den Ort des Planeten in seiner Bahn sondern am

Ende auch diese Bahn selbst verändern, dass sie ihren Einfluss auch auf die Grösse, Gestalt und Lage dieser Bahn haben werden, und dass daher der Planet, allen diesen ihn und einander selbst immer störenden Kräften Preis gegeben, eigentlich in jedem Augenblicke eine andere, eine ganz neue krumme Linie um die Sonne beschreiben werde. Diese Verwirrung wird noch grösser, wenn wir bedenken, dass alle astronomischen Bestimmungen der Orte, welche die Planeten am Himmel einnehmen, sich auf die Ebene der Bahn, welche die Erde um die Sonne beschreibt, oder auf die Ebene der Ekliptik beziehen, und dass diese letzte Ebene selbst, durch ähnliche Wirkungen aller übrigen Planeten auf die Erde, in ihrer Lage auf gar mannigfaltige Weise verändert wird. Durch Jupiters Einwirkung z. B. wird die Ebene der Erdbahn verrückt, und diess hat die nothwendige Folge, dass auch die Neigungen der übrigen Planetenbahnen und ihrer Durchschnittslinien mit der Ekliptik sich ändern, selbst wenn jene Planetenbahnen an sich unveränderlich wären, was sie doch nicht sind, da auch sie wieder denselben Wirkungen aller andern Planeten ausgesetzt sein müssen. Eine ähnliche Wirkung wie die des Jupiter auf die Erdbahn werden auch alle übrigen Planeten äussern, ja selbst diese Wirkungen eines und desselben Planeten werden wieder, mit der Folge der Zeiten, sich ändern müssen, wenn durch die vorübergehenden Einwirkungen aller Planeten die Erdbahn eine ganz andere Lage am Himmel erhalten wird. — Wie ferner die Umdrehung der Erde um ihre Axe die tägliche, wenn gleich nur scheinbare Umwälzung des ganzen Sternenhimmels zur Folge hat, eben so wird auch die geringste Verrückung in der Lage der Erdaxe (und wir werden mehrere derselben kennen lernen,) die ganze Sphäre des Himmels erschüttern, den Anfangspunkt, von dem wir alle Distanzen und Winkel zählen, verrücken, alle Orte am Himmel verändern und aus dem letzten der Gestirne das erste, aus dem ersten das letzte machen, so dass an diesem Himmel, an welchem wir früher nur Ordnung und Harmonie zu bewundern gewohnt waren, alles Unordnung und Verwirrung sein, und dass, in dem verwickelten Gewühle aller dieser sich selbst durchkreuzenden Bewegungen, sogar die Grenzsteine, nach welchen wir früher die grosse Karte des Sternengewölbes entwerfen wollten, sich verrücken und am Ende auch nicht ein einziger Punkt in Ruhe bleiben wird, durch den wir den seine Gestalt in jedem Augenblicke verändernden Proteus zu fesseln hoffen dürfen. Bedenken wir noch, dass wir alle diese chaotischen Verwirrungen nicht von einem festen Standpunkte, sondern von der Erde beobachten, die sich selbst wieder täglich um ihre eigene Axe und jährlich um die Sonne bewegt, und die überdiess mit einer dichten Lufthülle, der Ursache von unzähligen optischen Täuschungen, umgeben ist, durch welche wir kein einziges jener Gestirne an dem Orte erblicken, den es in der That am Himmel einnimmt.

Und doch enthält diess alles nur einen kleinen Theil der Hindernisse, welche bereits die Astronomie besiegt hat, und in der Folge noch zu besiegen hoffen darf. Aber es wird hinreichen, zu zeigen, welcher Aufwand von geistiger Kraft erfordert wurde, jenes erhabene Ziel wenn auch nicht zu erreichen, so doch ihm so nahe zu kommen, als wir in der That gekommen sind. Viel ist bereits gethan worden, aber Vieles ist auch noch zu thun, und an unsern Enkeln wird es sein, den Schatz, den sie von ihren Vorfahren übernommen, zu bewahren und das reiche

Erde durch ihre eigene Kraft zu vermehren. Seit dem Anfange unserer Menschengeschichte sind erst einige Jahrtausende verflossen, das Geschlecht ist noch zu jung und die Erde zu neu, um grössere Forderungen an sie zu stellen. Noch ist unser Auge zu schwach und unser Blick zu beschränkt, um einen grösseren Theil des unendlichen Ganzen zu übersehen, das vor uns ausgebreitet ist. Wir müssen uns, wie es Kindern, wie es Anfängern ziemt, mit den Elementen, mit dem uns zunächst Liegenden begnügen und den Nachkommen, die unsere Vorarbeiten benützen können, die Erweiterung der Aussicht überlassen. Für uns beschreibt der Mond, dieser treue Gefährte der Erde auf ihrem Wege um die Sonne, eine einfache, nahe kreisförmige Bahn um unsere Erde. Aber von der Sonne gesehen geht er in Epicykeln, deren Mittelpunkte auf der Erdbahn liegen; die Erde macht eine andere Reihe von Epicykeln, deren Mittelpunkte auf dem Bogen liegen, welchen die Sonne in unserem Milchstrassen-Systeme beschreibt. Und diese Sonne selbst beschreibt wieder eine dritte Reihe von Epicykeln, deren Mittelpunkte auf demjenigen Bogen liegen, welchen der Schwerpunkt dieses Milchstrassen-Systems um den Mittelpunkt des Universums beschreibt. Die Astronomie hat uns bisher nur die erste Gattung jener Epicykeln kennen gelehrt, und dazu wurden bereits mehrere Jahrtausende erfordert — welche Zeit wird genügen, um auch jene anderen, höheren Kreise kennen zu lernen?

Dieses Kennenlernen also, um wieder auf unsere frühere Behauptung zurück zu kommen, dieses ist es, nicht das blosse Anstaunen, diese mit Nachdenken verbundene Betrachtung des Himmels ist das, was demselben die ewige Schönheit und den unvergänglichen Reiz verleiht, mit welchem er den auf Bildung Anspruch machenden Menschen an sich zu fesseln pflegt. Und dieses muss es daher auch sein, worauf jede schriftliche oder mündliche Mittheilung über diesen Gegenstand besondere Rücksicht zu nehmen hat.

Aber dazu gehören vor allem diejenigen mathematischen Kenntnisse, auf welche jene astronomischen Betrachtungen gebaut sind, und ohne welche sich die meisten derselben nicht einmal, wenigstens nicht mit der Präcision und Ueberzeugung vortragen lassen, die einen grossen Theil ihres innern Werthes ausmachen. Wie viele von den schönsten astronomischen Entdeckungen sind der Art, dass sie ohne mathematische Vorkenntnisse nicht einmal gehörig verstanden werden können, und wie viele andere sind so wunderbar und auffallend, so allen Erfahrungen des gewöhnlichen Lebens widersprechend, dass sie von einem wohl organisirten Kopfe unmöglich auf Treu' und Glauben angenommen werden können! Wie soll man z. B. den Astronomen auf ihr blosses Wort hin glauben, dass die Sonne anderthalb Millionen Male grösser als unsere Erde und über zwanzig Millionen Meilen von uns entfernt ist; dass der nächste Fixstern wenigstens zweimalhundert Tausendmale weiter, als diese Sonne, von uns absteht; dass das Licht mit einer Geschwindigkeit begabt ist, mit welcher es, während wir unsere Augenlider senken und heben, schon die Reise um die Welt zurücklegt, und dass selbst diese unglaubliche Geschwindigkeit noch gegen jene ganz verschwindet, mit welcher die Kraft der Sonne, durch die sie die Planeten um sich treibt, in einem untheilbaren Momente bis an die fernsten Grenzen unseres Planetensystems eilt? Wer hat diese Grösse der Sonne, diese Entfernung

der Fixsterne, diese Geschwindigkeit des Lichts und die jener magischen Kraft gemessen, und wie war es nur möglich, zu Kenntnissen dieser Art zu gelangen? — Die Geometrie allein kann diese Fragen lösen, und ohne ihre Hülfe würden sie immer ungelöst bleiben.

Man muss es beklagen, dass die mathematischen Wissenschaften noch immer keinen wesentlicheren Theil unserer Erziehung und selbst unserer späteren Bildung ausmachen. Die Meisten, selbst von denjenigen, welche auf vielseitiges Wissen und sogar auf eigentliche Gelehrsamkeit gerechten Anspruch machen, die mit Stolz auf den Vorrath ihrer gesammelten Kenntnisse herabsehen, und Unkenntniss jeder Art für ein Gebrechen halten, die Meisten von diesen stehen doch gar nicht an, so oft zufällig die Rede auf die mathematischen Wissenschaften kommt, ihre völlige Unwissenheit als eine ganz erlaubte Sache, die sich gleichsam von selbst versteht, mit einer Offenheit, mit einer Naivetät zu bekennen, die man für Scherz halten müsste, wenn sie nicht gewöhnlich gleich darauf von Fragen und Aeusserungen begleitet würde, die eine Art von Entsetzen erregen und die Wahrheit jenes Geständnisses nur zu sehr bestätigen.

Abgesehen von der Nothwendigkeit dieser Kenntnisse im wissenschaftlichen und oft selbst im gemeinen Leben; abgesehen, dass ohne sie das schönste und dem Menschen angemessenste Studium, das der Natur im Grossen, beinahe unmöglich ist, so sollte schon der wohlthätige Einfluss, welchen die Cultur dieser Wissenschaften auf die Bildung des menschlichen Geistes überhaupt äussert, uns bestimmen, ihnen in dem Felde unserer öffentlichen Erziehung eine der ersten Stellen anzuweisen. Welche andere Doctrin bietet diese Bestimmtheit der Begriffe, diese strenge Ordnung der Schlüsse, diese Gewissheit ihrer Beweise dar? Aus ihrem Gebiete ist jenes heillose, vage Geschwätz und jenes unselige Mittelding zwischen Wissen und Glauben, das in manchen andern, sogenannten Wissenschaften gleich Unkraut wuchert und keine gute Pflanze aufkommen lässt, völlig verbannt. Durch sie erfährt man erst, was eine Demonstration ist und welche Kraft ihr inwohnt. Durch sie wird der Geist zur Aufnahme aller wahren Erkenntnisse, zur Bekämpfung der Vorurtheile und Irrthümer, zur Entfernung aller Illusionen und halbverstandenen Annahmen und zur Verwerfung aller nicht auf eigene Ueberzeugung gegründeten Autorität würdig vorbereitet; und wenn überhaupt dem Menschen gegönnt ist, von Wahrheit zu sprechen, so ist es hier und hier allein, wo er sie finden kann. Endlich, und diess möchte in unseren Tagen nicht zu übersehen sein, bietet diese Wissenschaft, als die beste Disciplin des menschlichen Geistes, unserer Jugend und durch sie den kommenden Geschlechtern die angemessenste Gelegenheit dar, ihre geistige Kraft zu üben und ihren Sinn für das Höchste, was uns angeht, für Recht und Wahrheit zu wecken und zu stählen, um dem sie von allen Seiten umgebenden Andrange eines kränkelnden und in sich selbst zerfallenen Zeitgeistes zu widerstehen, dessen Fortschritte eine männliche und kraftvolle Anhänglichkeit an das Gute überall zu einem sehr dringenden Bedürfnisse gemacht haben.

Zu diesem Zwecke aber, so wie zu allen den oben erwähnten, ist keineswegs eine vollständige, eine alle ihre Höhen und Tiefen umfassende Kenntniss jener Wissenschaften nothwendig. Diese kann überhaupt nicht Jedermanns Sache und daher auch kein Gegenstand einer allgemeinen

Erziehung sein. Sie mag immerhin wie bisher jenen Wenigen überlassen bleiben, die Kraft und Muth genug besitzen, das Innere des erhabenen Baues zu betreten, und vielleicht selbst mit eigener Hand zur Bereicherung oder Ausschmückung desselben beizutragen. — Wir Andern wollen uns begnügen, das Aeussere desselben und, wo es angeht, den Vorhof, oder wenn wir auch ihn selbst nicht sehen können, wenigstens den Grundriss desselben zu betrachten, wie er uns von den Architekten überliefert worden ist.

Aber auch dazu werden noch immer einige jener Vorkenntnisse erfordert, wenige in der That und leicht zu erwerbende, die ich aber auch dafür desto dringender von meinen Lesern, nicht sowohl zu meinem, als vielmehr zu ihrem eigenen grössten Vortheile in Anspruch nehmen möchte. Wer weder Ton noch Note kennt, der kann selbst, und mit dem kann auch ein Anderer über Musik nicht sprechen. Und eben so, wer ein Quadrat von einem Rechteck nicht unterscheidet, wer die ersten Eigenschaften eines Dreiecks nicht kennt, wer vor jedem Decimalbruche erschrickt, und ein Buch, das eines Sinus oder einer Tangente erwähnt, sogleich mit Abscheu von sich stösst — wie wäre es möglich, mit ihm über Astronomie zu sprechen? Statt dieses Versuches, dessen Erfolg immer unglücklich sein muss, wäre es gerathener, sich diese Vorkenntnisse lieber auf irgend eine Weise vorerst zu verschaffen. Sie sind der Art, dass sie, bei einer zweckmässigen Anleitung, in wenigen Tagen erworben werden können, und dass die meisten unserer Kartenspiele, in welchen es doch so Viele zu einer beneidens- oder vielmehr beweinenswerthen Meisterschaft gebracht haben, viel mehr Zeit und Mühe kosten.

Mit diesen Lesern also, welche es sich gefallen lassen wollen, einige Stunden zur Vorbereitung auf ihre Reise zu verwenden, um wenigstens die ersten Elemente der Sprache, die man in jenen Gegenden spricht, sich eigen zu machen, mit denen glaube ich, wohlgemuth und in der Hoffnung eines glücklichen Erfolgs, unsere Wanderung antreten zu können. Zwar werden wir von dem grossen und schönen Lande, das nun vor uns liegt, aus Mangel an tieferen Kenntnissen manche der interessantesten Theile völlig unbesucht lassen müssen; wir werden weder jene steilen Berge, die es begrenzen, noch diese tiefen Schluchten, wo die Natur ihre grössten Seltenheiten verwahrt, betreten dürfen. Aber wir werden dessenungeachtet noch sehr viele, nicht minder interessante und weit verbreitete Ebenen treffen, die wir nicht nur ohne Mühe und ohne jene fremde Hülfe durchwandern, sondern von welchen wir auch jene unzugänglichen Gegenden, zwar nur von ferne, aber dafür auch in ihrem Ganzen überblicken und bewundern können.

Wie wir nämlich, um unser Gleichniss fortzusetzen, in einem fremden Lande nur dann mit Vortheil und Vergnügen zu reisen hoffen dürfen, wenn wir zuerst die Sprache der Eingeborenen desselben wenigstens einigermassen kennen gelernt haben, eben so willkommen und nützlich werden uns auch hier, wenn auch nur die ersten Elemente der Sprache dieses Landes sein, welches wir nun zu durchreisen im Begriffe stehen. Haben sich doch alle, selbst die blos mechanischen Künste, ja sogar die Handwerke, sobald sie einen gewissen Grad der Vollkommenheit erreichten, ihre eigene Sprache gebildet: wie sollte dasselbe nicht auch von der Astronomie, von der ersten aller Wissenschaften, gelten? —

Allerdings würden wir sie, während dieser Reise selbst, so oft wir durch die Noth dazu gezwungen werden, auch erlernen können. Aber diess würde offenbar nicht ohne Beschwerde, nicht ohne vieles Hin- und Wiederreden möglich sein. Auch ist es nicht unsere Absicht, wie es wohl die mancher unserer Vorgänger gewesen sein mag, diese Wissenschaft mit unsern Lesern, unter dem angenommenen Scheine einer völligen Unkenntniss derselben, gleichsam von Neuem zu erfinden, oder auch den systematischen Weg, der ihr sonst eigen ist, in unserem Vortrage mit ängstlicher Genauigkeit zu verfolgen. Wir wollen uns vielmehr bemühen, die Leser auf dem einfachsten und kürzesten Wege mit den vorzüglichsten Schätzen der Astronomie, so weit dieses ohne eigentliche mathematische Analysis möglich ist, bekannt zu machen, und uns dabei an diejenigen Kenntnisse anzuschliessen, die wir bei jedem Gebildeten in unseren Tagen mit Recht voraussetzen dürfen. In der That, dass die Erde, die wir bewohnen, so wie der über sie ausgespannte Himmel die Gestalt einer Kugel habe; dass die Gestirne, welche an diesem Himmelsgewölbe glänzen, in unter sich parallelen Kreisen täglich um die Erde gehen oder doch zu gehen scheinen; dass die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe es ist, welche diesen Schein erzeugt, und selbst, dass diese Erde noch eine andere Bewegung hat, mit welcher sie jährlich um die Sonne geht — alle diese und so viele andere ähnliche Wahrheiten sind in unseren Tagen schon Gegenstände des gewöhnlichen Unterrichts in unseren Schulen geworden und bereits bis zur Kenntniss des gemeinen Mannes vorgedrungen. Wir können sie daher auch hier, obschon sie später Gelegenheit zu näheren Untersuchungen geben werden, gleichsam als bereits erworbene, historische Kenntnisse voraussetzen und uns eben dadurch in den Stand setzen, sogleich die oben erwähnten ersten Elemente der Sprache unserer Wissenschaft so weit vorzutragen, dass wir hoffen dürfen, mit ihrer Hülfe die ihnen in dem Werke selbst folgenden Betrachtungen kürzer, bestimmter und eben dadurch deutlicher darstellen zu können.

Die nachstehende zweite Abtheilung dieser Einleitung ist jenem Zwecke gewidmet. Es wird uns erlaubt sein, die Leser zu ersuchen, diese ersten Blätter mit einiger Aufmerksamkeit und selbst wiederholt und mit dem Vertrauen zu lesen, dass ihnen eben dadurch der Genuss des Ganzen ungemein erleichtert, ja eigentlich erst möglich gemacht werde. Um übrigens die Bedeutungen der wenigen Kunstausdrücke, die wir hier nebst ihrer Erklärung zusammenstellen, dem Gedächtnisse tiefer einzuprägen und zugleich die Anführung derselben in der Folge zu erleichtern, sind sie, nach Art des mathematischen Vortrags, unter eigene Nummern gebracht worden.

§. 1. (Kreise auf der Oberfläche einer Kugel.) Jede Ebene durch eine Kugel schneidet die Oberfläche der Kugel in einem Kreise. Geht die schneidende Ebene durch den Mittelpunkt der Kugel, so nennt man den durch ihren Schnitt entstehenden Kreis einen grössten Kreis der Kugel. Wir betrachten hier zuerst nur solche grösste Kreise.

Uebrigens wird, wie bekannt, die Peripherie eines jeden Kreises gewöhnlich in 360 gleiche Theile, die man Grade nennt, getheilt. Jeder Grad hat 60 Minuten und jede Minute 60 Sekunden. Man bezeichnet diese Theile in der angeführten Ordnung durch $^{0}\ '\ ''$, so dass z. B. $45^{0}\ 13'\ 20''$ eben so viel heisst, als 45 Grade, 13 Minuten und 20 Sekunden.

Diese Eintheilung des Kreises nennt man die **Bogen-Theilung**. Eine andere, in der Astronomie häufig vorkommende und in das gemeine Leben übertragene Theilung des Kreises ist die nach **Zeit**. Hier wird der ganze Umfang in 24 gleiche Theile, deren jeder eine **Stunde** heisst, getheilt; jede Stunde zerfällt in 60 **Minuten**, jede Minute in 60 **Sekunden**; die beiden letzten werden zum Unterschiede von den früheren, den sogenannten **Bogen-** oder **Raum-Minuten** und -Sekunden, Zeit-Minuten und -Sekunden genannt. Diese Kreistheilung wird mit $^{h\,m\,s}$ bezeichnet. Man sieht, dass eine gegebene Anzahl Stunden, Zeitminuten und Zeitsekunden durch Multiplication mit 15 in Grade, Bogenminuten und Bogensekunden verwandelt wird; umgekehrt gibt die Division durch 15 die einer gewissen Anzahl Grade, Bogenminuten, Bogensekunden entsprechende Anzahl Stunden, Zeitminuten und Zeitsekunden. Diese oft wiederkehrende Operation wird durch Tafeln, wie die beiden folgenden, erleichtert, deren Gebrauch wir durch ein Beispiel erläutern wollen.

Es sei die Zeit $5^h\ 4^m\ 2^s$ in Bogen zu verwandeln.

Tafel *I* gibt: 5^h 75^0
4^m 1
2^s 0 0′ 30″

somit geben $5^h\ 4^m\ 2^s$ 76^0 0′ 30″

Wäre hingegen der Bogen 76^0 0′ 30″ in Zeit zu verwandeln, so gibt Tafel *II*:

70^0 $4^h\ 40^m$
6^0 0 24
0′ 0 0
30″oder ½Min. 0 0 2^s

somit geben 76^0 0′ 30″ $5^h\ 4^m\ 2^s$ wie oben.

Tafel I.

Verwandlung der Zeit in Bogen.

h	°	m / s	° / ′	′ / ″	m / s	° / ′	′ / ″
1	15	1	0	15	31	7	45
2	30	2	0	30	32	8	0
3	45	3	0	45	33	8	15
4	60	4	1	0	34	8	30
5	75	5	1	15	35	8	45
6	90	6	1	30	36	9	0
7	105	7	1	45	37	9	15
8	120	8	2	0	38	9	30
9	135	9	2	15	39	9	45
10	150	10	2	30	40	10	0
11	165	11	2	45	41	10	15
12	180	12	3	0	42	10	30
13	195	13	3	15	43	10	45
14	210	14	3	30	44	11	0
15	225	15	3	45	45	11	15

Tafel II.

Verwandlung des Bogens in Zeit.

°	h	m	′	m	s	′	m	s
1	0	4	1	0	4	31	2	4
2	0	8	2	0	8	32	2	8
3	0	12	3	0	12	33	2	12
4	0	16	4	0	16	34	2	16
5	0	20	5	0	20	35	2	20
6	0	24	6	0	24	36	2	24
7	0	28	7	0	28	37	2	28
8	0	32	8	0	32	38	2	32
9	0	36	9	0	36	39	2	36
10	0	40	10	0	40	40	2	40
20	1	20	11	1	44	41	2	44
30	2	0	12	1	48	42	2	48
40	2	40	13	1	52	43	2	52
50	3	20	14	1	56	44	2	56
60	4	0	15	1	0	45	3	0

Verwandlung der Zeit in Bogen.								Verwandlung des Bogens in Zeit.								
h	°	m s	° '	' "	m s	° '	' "	°	h	m	'	m	s	'	m	s
16	240	16	4	0	46	11	30	70	4	40	16	1	4	46	3	4
17	255	17	4	15	47	11	45	80	5	20	17	1	8	47	3	8
18	270	18	4	30	48	12	0	90	6	0	18	1	12	48	3	12
19	285	19	4	45	49	12	15	100	6	40	19	1	16	49	3	16
20	300	20	5	0	50	12	30	200	13	20	20	1	20	50	3	20
21	315	21	5	15	51	12	45	300	20	0	21	1	24	51	3	24
22	330	22	5	30	52	13	0				22	1	28	52	3	28
23	345	23	5	45	53	13	15				23	1	32	53	3	32
24	360	24	6	0	54	13	30				24	1	36	54	3	36
		25	6	15	55	13	45				25	1	40	55	3	40
		26	6	30	56	14	0				26	1	44	56	3	44
		27	6	45	57	14	15				27	1	48	57	3	48
		28	7	0	58	14	30				28	1	52	58	3	52
		29	7	15	59	14	45				29	1	56	59	3	56
		30	7	30	60	15	0				30	2	0	60	4	0

§. 2. (Himmlische und irdische Kreise.) Wir nehmen den Himmel $ANQN'$ (Fig. 1), so wie er uns in der That erscheint, als eine hohle Kugelschale an, deren Mittelpunkt C zugleich der Mittelpunkt der ebenfalls kugelförmigen Erde $anqn'$ ist. Diess vorausgesetzt, wird also jede Ebene, welche durch den Mittelpunkt C beider Kugeln geht, den Himmel sowohl, als auch die Erde (nach §. 1) in einem grössten Kreise schneiden, von welchem man den einen den himmlischen und den andern den ihm entsprechenden irdischen Kreis nennt. Solche zusammengehörende Kreis-Paare sind:

$$AWQO = I \text{ und } aq = 1 \text{ oder}$$
$$HWRO = II \text{ und } hr = 2 \text{ oder endlich}$$
$$ANQN' = III \text{ und } anqn' = 3.$$

Wir wollen diese Kreis-Paare der Kürze wegen im Folgenden durch diese ihre Zeichen $I.$ 1, $II.$ 2 etc. anzeigen.

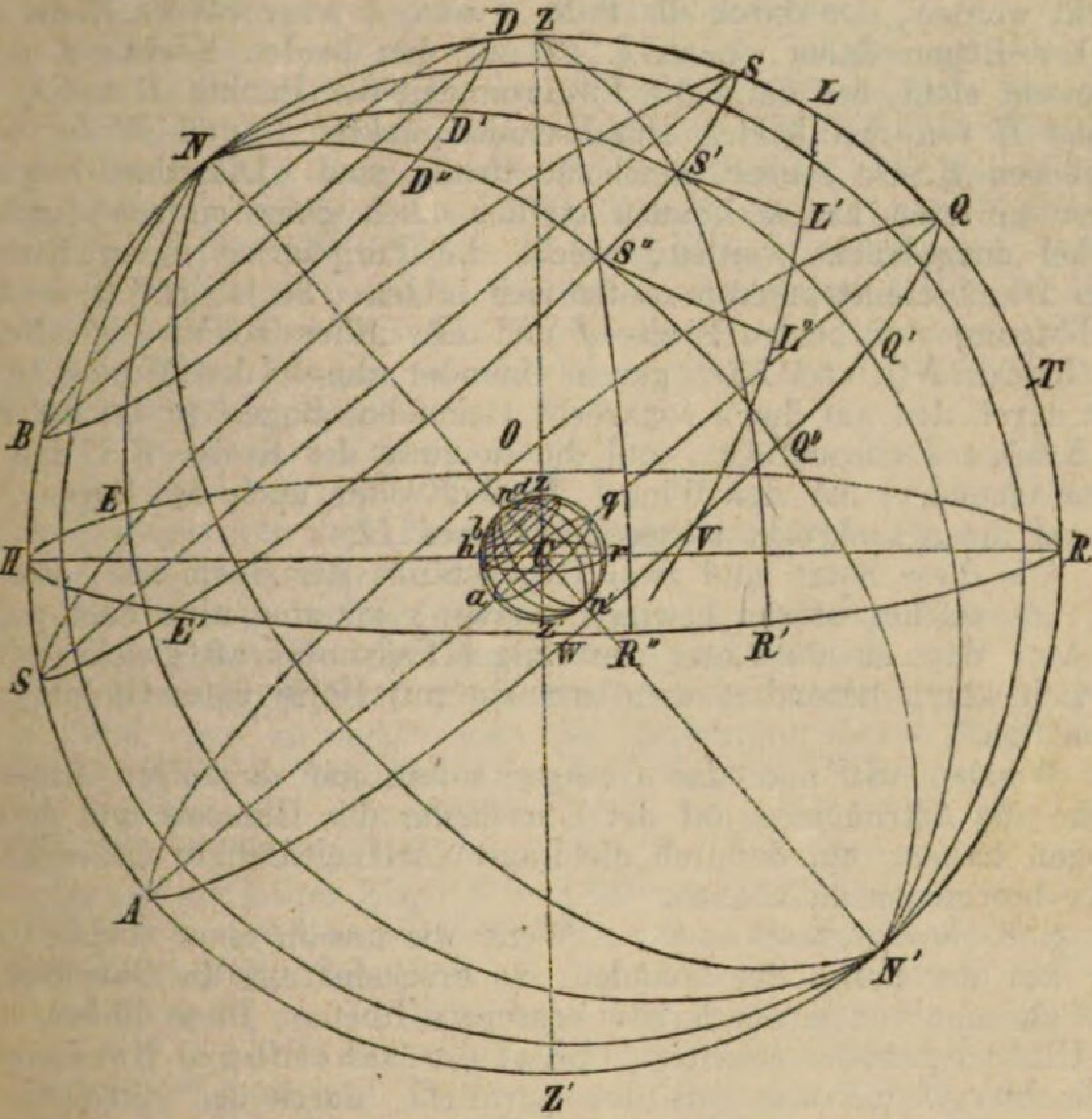
§. 3. Derjenige Durchmesser der Kugel, der auf der Ebene eines grössten Kreises senkrecht steht, heisst die Axe dieses Kreises, und die beiden Endpunkte dieses Durchmessers sind die Pole jenes Kreises. Die Axe eines Kreises geht daher immer durch den Mittelpunkt desselben, und jeder Pol ist von allen Punkten der Peripherie seines Kreises auf der Kugel um 90 Grade oder um einen rechten Winkel entfernt.

So sind NN' die Axe und N, N' die Pole des Kreises I, und eben so sind ZZ' die Axe und Z, Z' die Pole des Kreises II, und dasselbe gilt auch von den Punkten n, n' und z, z' in Beziehung auf die analogen irdischen Kreise 1 und 2.

§. 4. (Kreise, die durch die Pole anderer Kreise gehen.) Jeder grösste Kreis, der durch den Pol eines gegebenen grössten Kreises geht, geht auch durch den andern Pol des gegebenen Kreises, und die Ebenen beider Kreise stehen auf einander senkrecht.

So gehen alle durch den Pol N gezogenen Kreise NQ, NQ', NQ''.. auch durch den Pol N', und alle diese Kreise stehen senkrecht auf I, oder die Winkel der Bogen NQ, NQ', NQ''.. mit dem Bogen QW

Fig. 1.



sind rechte Winkel. Eben so stehen alle durch Z gehenden Kreise ZR, ZR', ZR'' .. senkrecht auf II und der durch N und durch Z gehende Kreis III steht daher senkrecht auf I sowohl, als auch auf II.

§. 5. (Auf einander senkrecht stehende Kreise.) Stehen eben so umgekehrt zwei Kreise auf einander senkrecht, so liegen die Pole des einen in der Peripherie des anderen. Sind also die Kreise NQ, NQ' .. auf I senkrecht, so liegen die Pole aller dieser Kreise in der Peripherie von I, und sind die Kreise ZR, ZR' .. auf II senkrecht, so liegen alle Pole dieser Kreise irgendwo in der Peripherie von II.

§. 6. (Wie grösste Kreise die Kugel und sich selbst theilen.) Jeder grösste Kreis theilt die Oberfläche der Kugel in zwei gleich grosse Theile, in deren Mitte die beiden Pole jenes Kreises liegen. Je zwei grösste Kreise der Kugel aber theilen sich selbst, in ihrer Durchschnittslinie, die zugleich ein Durchmesser der Kugel ist, in zwei gleiche Theile und umgekehrt: halbiren sich zwei Kreise auf der Oberfläche der Kugel, so sind sie beide grösste Kreise derselben.

§. 7. (Neigung zweier Kreise gegen einander.) Der Winkel zweier grössten Kreise, d. h. die Neigung ihrer Ebenen gegen einander ist gleich der Entfernung der beiden Pole dieser Kreise. So ist die Neigung der Kreise I und II gleich der Distanz $NZ = N'Z'$ ihrer Pole.

Dieselbe Neigung der beiden Kreise I und II kann aber auch

durch den Bogen $QR = AH$ desjenigen grössten Kreises *III* ausgedrückt werden, der durch die Pole *N* und *Z* jener beiden Kreise geht, welcher Bogen daher, nach §. 4, auf den beiden Kreisen *I* und *II* senkrecht steht, wo dann die Entfernungen der Punkte *R* und *Q*, oder *A* und *H* von den beiden Durchschnittspunkten *O* und *W* der beiden gegebenen Kreise immer gleich 90 Grade sind. Dieselben Neigungen zweier grössten Kreise können endlich auch ganz einfach durch die Winkel ausgedrückt werden, welche die Peripherien dieser Kreise in ihren Durchschnittspunkten unter sich bilden. So ist $RWQ = AWH$ die Neigung der beiden Kreise *I* und *II*. Eben so wird die Neigung der Kreise NQ' und NQ'' gegen einander durch den Winkel $Q'\,NQ''$ oder durch den auf ihnen senkrecht stehenden Bogen $Q'\,Q''$ des grössten Kreises *I* ausgedrückt, und die Neigung der Kreise ZR' und ZR'' gegen einander, ist der Winkel $R'\,ZR''$ oder auch der Bogen $R'\,R''$ des auf ihnen senkrecht stehenden Kreises *II*.

Alle diese Sätze sind zwar Gegenstände der Geometrie, und können, als solche, streng bewiesen werden; sie sind aber auch zugleich der Art, dass sie für Leser von einiger Fassungskraft gleichsam schon für sich klar, besonders wenn wir sie mit Hülfe eines Globus (§. 30) betrachten.

Wenden wir nun das Gesagte sofort auf diejenigen Kreise an, welche die Astronomen auf der Oberfläche des Himmels und der Erde gezogen haben, um dadurch die Lage einzelner Punkte dieser Flächen näher bestimmen zu können.

§. 8. (Horizont, Zenith und Nadir.) Wenn wir uns in einer ebenen Gegend oder auf der hohen See befinden, so erscheint uns die Oberfläche der Erde als eine von einem Kreise begrenzte Ebene. Diese Ebene, bis an das Himmelsgewölbe erweitert, heisst der scheinbare Horizont des Beobachters, und eine mit ihm parallele, durch den Mittelpunkt der Erde gehende Ebene ist der wahre Horizont desselben.

Zieht man ferner durch den Punkt der Erdoberfläche, welchen der Beobachter einnimmt, eine gerade, auf seinem Horizont senkrechte Linie, so wird diese Linie, da sie senkrecht auf der Oberfläche der Kugel steht, durch den Mittelpunkt der Erde gehen und, verlängert, die Oberfläche des Himmels in zwei Punkten schneiden, deren einer, der über dem Beobachter steht, das Zenith (der Scheitelpunkt), und der andere, untere das Nadir (der Fusspunkt) des Beobachters heisst. Die Richtung, welche durch diese Linie ausgedrückt wird, heisst vertical, während man die auf diese Linie senkrechte Richtung des Horizontes horizontal (wagerecht oder wasserrecht) zu nennen pflegt.

I. Da die Richtung eines mit einem Bleilothe versehenen Fadens auf der Oberfläche des stillestehenden Wassers senkrecht steht, so wird der Faden in diesem Zustande jene senkrechte Richtung angeben, so wie durch die Oberfläche des stillstehenden Wassers die horizontale Richtung angezeigt wird.

II. Denkt man sich den Beobachter auf dem obersten Punkte *z* der Oberfläche der kugelförmigen Erde, so wird der Durchmesser zCz', verlängert, am Himmel das Zenith *Z* und das Nadir Z' des Beobachters bestimmen. Der auf diesem Durchmesser senkrechte grösste Kreis *hr* aber wird, bis an die Himmelssphäre erweitert, den wahren Horizont *HWRO* des Beobachters, den wir oben durch *II* bezeichnet haben, an-

geben, während der mit ihm parallele durch den Punkt *z* gelegte Kreis den scheinbaren Horizont des Beobachters bezeichnet.

§. 9. (Sichtbare und unsichtbare Hemisphäre.) Diesem gemäss ist also die Linie ZZ' die Axe, und die Punkte Z und Z' sind die Pole des wahren Horizontes (§. 3). Durch diesen Horizont $HWRO$ wird die Oberfläche des Himmels in zwei gleiche Theile getheilt (§. 6), von welcher der eine, obere, in welchem das Zenith Z liegt, die sichtbare und der andere, untere, die unsichtbare Hemisphäre genannt wird, weil in der That nur diejenigen Gestirne, die sich in der oberen Hälfte des Himmels, oder die sich über unserem Horizonte befinden, für uns sichtbar, während die andern für uns von der unter uns stehenden Erde bedeckt und daher unsichtbar sind.

§. 10. (Verticalkreise und Höhe der Sterne.) Die grössten Kreise ZR, ZR' ZR''.., welche durch das Zenith Z, also auch durch das Nadir Z' gehen und daher auf dem Horizonte senkrecht stehen (§. 4), heissen Vertical- oder Höhenkreise.

Die Entfernung, auf der Kugel, jedes Punktes des Verticalkreises von dem Horizonte oder der Bogen des Verticalkreises, der zwischen jenem Punkte und dem Horizonte enthalten ist, heisst die Höhe jenes Punktes, und eben so nennt man die Entfernung dieses Punktes von dem Zenithe Z die Zenithdistanz des Punktes. Höhen und Zenithdistanzen ergänzen also einander immer zu 90 Graden Es sind daher die Bogen RS, $R'S'$ und $R''S''$ die Höhen der drei Sterne S, S' und S'', und eben so sind die Bogen ZS, ZS' und ZS'' die Zenithdistanzen derselben.

§. 11. (Weltaxe, Weltpole, Aequator.) Wenn man die Sterne des Himmels auch nur kurze Zeit beobachtet, so bemerkt man, dass sie sich alle täglich und zwar so um die Erde bewegen, als ob sich die ganze Himmelssphäre um eine Axe drehte, die durch den Mittelpunkt C der Erde geht. Ist NCN' diese fixe Drehungsaxe des Himmels oder die sogenannte Weltaxe, so nennt man die beiden Endpunkte derselben N und N' die Weltpole und zwar den in unseren Gegenden sichtbaren oder dem Zenithe Z näheren N den Nordpol und den anderen entgegengesetzten N' den Südpol. Ein auf die Weltaxe senkrecht durch den Mittelpunkt der Erde gehender, also grösster Kreis schneidet die Oberfläche des Himmels in dem himmlischen Aequator $AWQO$ und zugleich die Erde in dem irdischen Aequator aq. Diese beiden grössten Kreise des Himmels und der Erde sind die, welche wir oben (§. 3) durch I und 1 bezeichnet haben. Analog mit den beiden Weltpolen N und N' nennt man auch die beiden Punkte, in welchen die Weltaxe die Oberfläche der Erde schneidet, die irdischen Pole und zwar n den Nordpol und n' den Südpol der Erde.

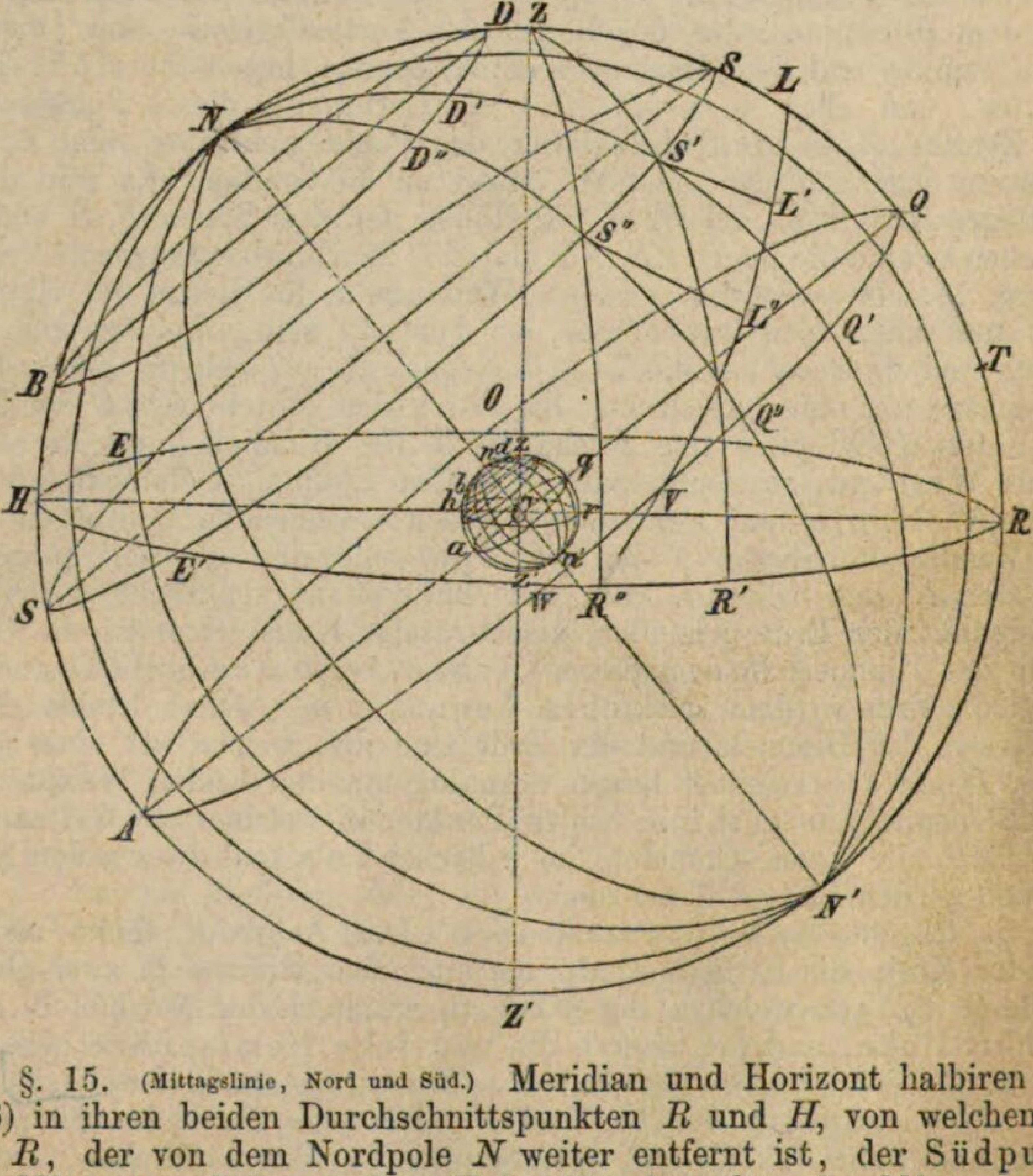
§. 12. (Nördliche und südliche Hemisphäre.) Der Aequator theilt als ein grösster Kreis die Erde sowohl, als auch den Himmel in zwei gleiche Theile (§. 6), von welchen der eine, in welchem der Nordpol N liegt, die nördliche, und der andere die südliche Hemisphäre heisst.

§. 13. (Declination und Declinationskreis.) Die grössten Kreise NQ, NQ', NQ''.., welche durch den Nordpol N, also auch durch den Südpol N' gehen und daher (§. 4) auf dem Aequator senkrecht stehen, heissen Declinations- oder Stunden-Kreise, und der Bogen des Declinationskreises, der zwischen dem Aequator und einem Stern enthalten ist, heisst des Sterns Declination oder Abweichung. So sind die Bogen

QS, $Q'S'$ und $Q''S''$ die Declinationen der Sterne S, S' und S''. Ist der Stern unter dem Aequator oder in der südlichen Hemisphäre (§. 12), so wird auch seine Declination südlich genannt. Auch nennt man die Entfernungen NS, NS', NS'' .. der Gestirne von dem Nordpole N des Aequators die Poldistanzen dieser Sterne. Declinationen und Poldistanzen ergänzen daher einander immer zu 90 Graden, und für Sterne unter dem Aequator sind die Poldistanzen grösser als 90 Grade.

§. 14. (Meridian.) Derjenige grösste Kreis $NZRA$ des Himmels, der durch den Nordpol N des Aequators und durch das Zenith Z des Beobachters z, also auch durch die Punkte N' und Z' geht, und daher (§. 4) sowohl auf dem Aequator, als auch auf dem Horizonte senkrecht steht, heisst der Meridian des Beobachters. Der Meridian ist derjenige grösste Kreis, den wir oben durch III bezeichnet haben, und er schneidet die Oberfläche der Erde in dem irdischen Meridian $nzra$ des Beobachters z. Der Meridian ist also zugleich Declinations- und Höhen-Kreis.

Fig. 1.



§. 15. (Mittagslinie, Nord und Süd.) Meridian und Horizont halbiren sich (§. 6) in ihren beiden Durchschnittspunkten R und H, von welchen der eine R, der von dem Nordpole N weiter entfernt ist, der Südpunkt oder Mittag und der andere H der Nordpunkt oder Mitternacht genannt wird. Der beide Punkte verbindende Durchmesser HCR des Horizonts heisst die Mittagslinie.

§. 16. (Ost und West.) Eben so halbiren sich Aequator und Horizont (§. 6) in zwei Punkten *O* und *W*, von welchen der erste *O*, der dem nach Süd sehenden Beobachter links liegt, Ost oder Morgen, und der andere entgegengesetzte *W* West oder Abend genannt wird. Durch diese vier Punkte *H*, *O*, *R*, *W* wird der Horizont in vier gleiche Theile getheilt.

§. 17. (Oestliche und westliche Hemisphäre.) Der Meridian theilt ebenfalls die ganze Oberfläche des Himmels in zwei gleiche Theile (§. 6), von welchen der eine, in welchem der Ostpunkt *O* liegt, die östliche und der andere die westliche Hemisphäre genannt wird.

§. 18. (Aequatorhöhe und Polhöhe des Beobachters.) Die Neigung des Aequators *AWQ* gegen den Horizont *HWR* wird (nach §. 7) durch den zwischen diesen Ebenen enthaltenen Bogen $QR = AH$ des Meridians, oder auch durch die Distanz $NZ = N'Z'$ der Pole jener beiden Ebenen, oder endlich ganz einfach durch den Winkel $QWR = QOR$ ausgedrückt. Man nennt die Neigung $QR = NZ = QWR$ die Aequatorhöhe des Beobachters *z*, weil in der That (nach §. 10) der Bogen *QR* die Höhe des höchsten Punktes *Q* des Aequators ausdrückt.

I. Da die Summe der Bogen *HN* und *NZ*, so wie die Summe *RQ* und *QZ* gleich 90 Graden ist, und da *RQ* gleich *NZ* ist, so muss auch *QZ* gleich *HN* sein, und man nennt diesen Bogen $QZ = HN$ die Polhöhe des Beobachters *z*, weil in der That (nach §. 10) der Bogen *HN* die Höhe des Nordpols *N* des Aequators über dem Horizonte ausdrückt. Man sieht, dass Pol- und Aequatorhöhe zusammen einem rechten Winkel gleich kommen, oder dass diese beiden Grössen einander zu 90 Graden ergänzen.

II. Ganz eben so ist also auch auf der Oberfläche der Erde der Bogen *hn* gleich dem Bogen *qz*, weil jeder derselben eben so viele Grade enthält, als die Bogen *HN* oder *QZ*. Daraus folgt, dass die Polhöhe *HN* eines Beobachters *z* immer gleich ist der Entfernung *qz* seines Ortes *z* von dem irdischen Aequator *aq*.

§. 19. (Stundenwinkel.) Da der Aequator auf allen Stundenkreisen (§. 13) senkrecht steht, so wird man die Abstände derselben von dem Meridian, als von dem ersten Stundenkreise (§. 14), durch die zwischen ihnen liegenden Bogen des Aequators, oder was (nach §. 7) dasselbe ist, durch ihren Neigungswinkel gegen den Meridian am Nordpole *N* messen. Man nennt diese Abstände der Stundenkreise von dem Meridian Stundenwinkel, und zählt sie in der Richtung von *Q* gen *W* oder von Süd gen West bis 360^0 oder auch bis 24 Stunden (§. 1). So ist $QQ' = QNQ'$ der Stundenwinkel des Sterns *S'* und $QQ'' = QNQ''$ der Stundenwinkel des Sterns *S''* u. s. f.

Ist dieses Gestirn *S'* die Sonne, so pflegt man auch den Stundenwinkel $QQ' = QNQ'$ derselben die wahre Sonnenzeit des Beobachters *z* zu nennen. Wenn die Sonne durch den oberen Theil des Meridians *NQ* geht, oder wenn sie culminirt, so ist der Stundenwinkel derselben oder die wahre Zeit des Beobachters Null oder der Beobachter hat eben Mittag. Wenn die Sonne durch den unteren, unsichtbaren Theil *HZ'* des Meridians geht, oder in ihrer unteren Culmination steht, so ist der Stundenwinkel der Sonne oder die wahre Zeit des Beobachters 12 Uhr, oder der Beobachter hat eben Mitternacht. Wir werden später auf diese Zeitrechnung zurückkommen.

§. 20. (Azimut.) Da der Horizont auf allen Höhenkreisen (§. 10) senkrecht steht, so wird man die Abstände derselben von dem Meridiane, als von dem ersten Höhenkreise (§. 14), durch die zwischen ihnen liegenden Bogen des Horizonts, oder, was (nach §. 7) dasselbe ist, durch ihre Neigungswinkel gegen den Meridian am Zenithe Z messen. Man nennt diese Abstände der Höhenkreise von dem Meridiane Azimute, und zählt auch sie von Süd gen West bis 360°. So ist $RR' = RZR'$ das Azimut des Sterns S' und $RR'' = RZR''$ das Azimut des Sterns S'' u. s. f.

§. 21. (Ortsbestimmung der Sterne gegen den Horizont und Meridian.) Diese drei Kreise oder Ebenen, die des Horizonts, des Aequators und des Meridians sind, wie wir sogleich sehen werden, sehr geschickt, die Lage der Gestirne oder den Ort, welchen diese zu jeder Zeit am Himmel einnehmen, zu bestimmen.

Will man nämlich die Lage eines Gestirns gegen den Horizont und Meridian finden, so wird man blos das Azimut (§. 20) und die Höhe (§. 10) dieses Sterns für eine bestimmte Zeit anzugeben haben. Ist z. B. das Azimut RR'' und die Höhe $R''S''$ des Sterns S'' gegeben, so ist dadurch auch sofort der Ort S'' des Gestirns am Himmel bestimmt.

Wählt man aber zu diesem Zwecke den Aequator und den Meridian, so wird man den Stundenwinkel (§. 19) und die Declination (§. 13) des Sterns für eine bestimmte Zeit anzugeben haben. Ist z. B. der Stundenwinkel QQ'' und die nördliche Declination $Q''S''$ des Sterns S'' gegeben, so ist dadurch auch sofort der Ort S'' des Gestirns am Himmel bestimmt.

§. 22. (Rectascension und Declination, Länge und Breite der Sterne.) Allein die zwei vorhergehenden Bestimmungsarten haben den Nachtheil, dass sie dem Gestirne nicht unverändert für alle Zeiten zukommen. In der That ändern die Gestirne durch die tägliche Bewegung des Himmels um die Axe NN' ihre Lage gegen den Horizont sowohl, als auch gegen den Meridian in jedem Augenblicke, so dass man also, um eine vollständige Bestimmung ihres Ortes zu erhalten, nebst Azimut und Höhe, oder nebst Stundenwinkel und Declination, auch noch die Zeit angeben müsste, für welche jene Bestimmungen statthaben sollen. Endlich ändert sich der Horizont sowohl, als auch der Meridian, sobald der Beobachter z seinen Ort auf der Oberfläche der Erde ändert, wesshalb jene Zeit überdiess stets nur für einen bestimmten Ort gilt.

Von diesen Nachtheilen frei ist die Bestimmung der Gestirne, wenn man sie bloss auf den Aequator bezieht, weil dieser, durch die tägliche Bewegung des Himmels, in seiner Lage gegen die Oberfläche des Himmels selbst keine Aenderung erleidet.

I. Zu diesem Zwecke nimmt man einen festen Punkt V des Aequators an, den man den Frühlingspunkt nennt, und zählt von ihm in der Richtung VQO oder von Süd gen Ost die Abstände der Stunden- oder Declinations-Kreise (§. 13). Diese Abstände, welche man Rectascensionen oder gerade Aufsteigungen nennt, geben, wenn man sie mit den bereits oben (§. 13) erwähnten Declinationen verbindet, die gesuchte einfache und vollständige Ortsbestimmung des Sterns. Ist z. B. die Rectascension VQ'' und die nördliche Declination $Q''S''$ eines Sterns S'' gegeben, so ist dadurch auch der Ort S'' des Sterns am Himmel bestimmt, und diese Bestimmung ist unabhängig von der Zeit, da

sie immer dieselbe bleibt, wie sich auch der Himmel um seine Axe NN' drehen und von welchem Punkte der Oberfläche der Erde man auch das Gestirn betrachten mag, wenn nur das letzte seinen Ort selbst am Himmel nicht ändert.

II. Die Astronomen legen durch diesen Punkt V und durch den Mittelpunkt C der Erde unter einem bestimmten Winkel von $23\frac{1}{2}$ Grad gegen den Aequator noch eine andere Ebene, welche daher die Oberfläche des Himmels wieder in einem grössten Kreise $VL''L'$ schneidet, den man die Ekliptik nennt.

Sie gebrauchen ihn auf eine ähnliche Weise, wie den Aequator, zur Bestimmung der Lage der Gestirne. Lässt man nämlich von den Punkten S' und S'' die Bogen $S'L'$ und $S''L''$ senkrecht auf die Ekliptik herab, wo also die Kreise dieser Bogen durch die beiden Pole der Ekliptik gehen müssen (§. 5), so wird auch der Ort eines jeden Gestirns S' vollständig gegeben sein, wenn die beiden Bogen VL' und $L'S'$ gegeben sind. Man nennt aber VL' die Länge und $L'S'$ die Breite des Sterns S'. Eben so ist VL'' die Länge und $L''S''$ die Breite des Sterns S''. Ist das Gestirn unter der Ekliptik, so wird die Breite desselben südlich genannt. — Dieser Kreis $VL'L''$ oder die Ekliptik ist derjenige grösste Kreis am Himmel, in welchem wir jährlich die Sonne einhergehen sehen. Der Punkt V, in welchem die Ekliptik den Aequator schneidet und von welchem man, wie gesagt, alle Rectascensionen und alle Längen zählt, heisst der Frühlingspunkt, und der ihm am Himmel gegenüberstehende der Herbstpunkt, beide zusammen aber bilden die Aequinoctial- oder die Nachtgleichenpunkte. Die zwischen den Aequinoctialpunkten in der Mitte liegenden Punkte der Ekliptik sind die Solstitien oder Wendepunkte, und zwar derjenige, welcher am höchsten über dem Aequator, in der nördlichen Hemisphäre (§. 12) steht, das Sommer- und der andere entgegengesetzte unter dem Aequator das Winter-Solstitium. Der Neigungswinkel QVL der Ekliptik gegen den Aequator oder der Bogen QL heisst die Schiefe der Ekliptik.

§. 23. (Geographische Länge und Breite des Beobachters.) Auf eine ähnliche Art wird man auch verfahren, um den Ort des Beobachters z auf der Oberfläche der Erde gegen den irdischen Meridian aq (§. 11) zu bestimmen. Wir haben oben (§. 14) gesehen, dass der irdische Meridian eines jeden Ortes z der Erde derjenige grösste Kreis derselben ist, der durch diesen Ort z und durch den einen, somit auch durch den anderen der beiden Pole n und n' des Erdäquators geht.

Man verbinde nun z. B. die beiden Punkte S' und S'' des Himmels mit dem Mittelpunkte C der Erde durch gerade Linien, welche die Oberfläche der Erde in den Punkten s' und s'' schneiden sollen. Eben so sollen die Ebenen der Stundenkreise $NS'Q'N'$ und $NS''Q''N'$ die Oberfläche der Erde in den analogen Kreisen $ns'q'n'$ und $ns''q''n'$ schneiden, die des Raumes wegen hier nicht vollständig bezeichnet werden konnten. Dann werden also die zwei letztgenannten Kreise die irdischen Meridiane derjenigen Orte s' und s'' der Erde vorstellen, von welchen der erste den Stern s' und der zweite den Stern s'' in seinem Zenithe sieht. Solcher irdischen Meridiane gibt es daher so viele, als es Punkte des Aequators gibt. Man nimmt von diesen unzähligen Meridianen willkürlich einen derselben, z. B. den, der nahe durch die bekannte kana-

2*

rische Insel Ferro geht, als den Ersten irdischen Meridian an, und zählt von ihm die Abstände aller übrigen östlich und westlich bis 180 oder bis 360 Grade. Die Abstände der übrigen Meridiane von dem gewählten Ersten, nennt man die geographische Länge dieser Meridiane. Alle Orte der Erde, welche in demselben Meridiane liegen, haben also auch dieselbe geographische Länge. Um diese Orte noch weiter von einander zu unterscheiden, gibt man auch den Abstand derselben von dem Aequator an. Dieser Abstand ist aber, nach §. 18. *II.*, immer gleich der Polhöhe des Ortes, die man daher auch die geographische Breite des Ortes zu nennen pflegt. Liegt der Ort in der südlichen Hemisphäre der Erde (§. 12), so heisst auch die geographische Breite desselben südlich.

Die Lage eines Ortes auf der Erde ist also vollkommen bestimmt, wenn die geographische Länge und Breite desselben gegeben ist, und diese Bestimmung ist ganz analog mit der (§. 22), durch welche man die Lage der Gestirne gegen den Aequator, durch Rectascension und Declination derselben, anzugeben pflegt. So hat man z. B.:

für Paris	20°	0′	0″	östlich von Ferro .	48°	50′	13″	Nördl.
— Wien	34	2	36	„ „ „ . .	48	12	36	—
— Peking	134	8	30	„ „ „ . .	39	54	13	—
— Quito	298	55	22	oder 61° 4′ 38″ westlich	0	14	0	Südl.

§. 24. (Parallelkreise, Tag- und Nachtbogen, Auf- und Untergang der Sterne.) Alle bisher betrachteten Kreise sind grösste Kreise der Kugel, oder solche, deren Mittelpunkt zugleich jener der Kugel selbst ist. Allein zuweilen verdienen auch die kleineren Kreise derselben eine nähere Betrachtung.

Wenn sich der Himmel in der That, wie wir bisher vorausgesetzt haben, täglich in der Richtung von Ost nach West um die Weltaxe *NN′* dreht, so wird während dieser Drehung jeder Stern einen Kreis beschreiben müssen, dessen Ebene senkrecht auf dieser Axe, und dessen Mittelpunkt auch irgendwo in dieser Axe liegt. Wegen dieser, allen gemeinschaftlichen senkrechten Stellung dieser Kreise gegen die Weltaxe werden sie also unter einander parallel sein, daher man sie Parallelkreise genannt hat. Die Peripherie dieser Kreise steht in allen ihren Punkten von jedem Punkte der Axe, also auch von jedem einzelnen Weltpole *N* oder *N′* gleich weit ab. Der grösste aller dieser Parallelkreise ist der oben (§. 11) betrachtete Aequator, dessen Mittelpunkt mit dem Mittelpunkte *C* der Kugel selbst zusammenfällt, während die Mittelpunkte aller übrigen Parallelkreise desto weiter von *C* entfernt oder desto näher bei einem der Pole *N* oder *N′* liegen werden, je kleiner diese Kreise selbst sind. Solche Parallelkreise sind also in unserer Zeichnung *SS′E′E* und *DD′D″B*.

I. Um auch von diesen himmlischen Parallelkreisen die ihnen entsprechenden irdischen Parallelkreise, z. B. um aus *DD′D″B* den analogen irdischen Parallelkreis *dd′d″b* zu erhalten, wird man von allen Punkten des ersten Kreises gerade Linien nach dem Mittelpunkte *C* der Kugel ziehen und dadurch gleichsam die Oberfläche eines Kegels erhalten, dessen Spitze in *C* und dessen Basis der himmlische Parallelkreis *DD′D″B* ist. Diese Kegelfläche wird dann die Oberfläche der Erde in dem gesuchten analogen irdischen Parallelkreise *dd′d″b* schneiden.

Auf der Oberfläche der Erde unterscheidet man vorzüglich zwei dieser Parallelkreise in der nördlichen sowohl, als in der südlichen

Hemisphäre, nämlich die beiden **Wendekreise**, die von dem Aequator, zu beiden Seiten desselben, um 23 1/2 Grad abstehen und daher durch die beiden Solstitialpunkte (§. 22. *II.*) der Ekliptik gehen, und die beiden **Polarkreise**, deren Peripherie von den beiden Weltpolen *N* und *N'* um dieselbe Grösse von 23 1/2 Graden absteht.

II. Alle, kleineren Parallelkreise werden von den meisten der bisher betrachteten grössten Kreisen der Kugel, z. B. von dem Horizonte, nicht mehr in zwei gleiche, sondern oft, wie der Parallelkreis *SS'E'E* in zwei sehr ungleiche Theile, ja öfter, wie der Parallelkreis *DD'D''B*, gar nicht mehr geschnitten.

Von denjenigen Kreisen, die von dem Horizonte noch geschnitten werden, bezeichnet der Theil *ESS''E'*, der über dem Horizonte des Beobachters *z* liegt, den sogenannten **Tagbogen** des Gestirns, d. h. denjenigen Bogen, in welchem der in diesem Parallelkreise sich bewegende Stern während seiner täglichen Umdrehung um die Erde dem Beobachter sichtbar bleibt, während der übrige Theil *E'SE* dieses Parallelkreises den **Nachtbogen** oder den für den Beobachter unsichtbaren Theil dieses Kreises bezeichnet.

III. Von den beiden Durchschnittspunkten *E* und *E'* des Parallelkreises mit dem Horizonte bezeichnet der erste *E*, in der östlichen Hemisphäre (§. 17), den Punkt des Himmels, wo ein Stern dieses Parallelkreises **aufgeht**, oder wo er sich über den Horizont zu erheben anfängt, während in dem entgegengesetzten Punkte *E'* der Stern **untergeht** oder sichtbar zu sein aufhört.

Für die Sterne im Aequator ist der Tagbogen *OQW* gleich dem Nachtbogen *WAO*. Für alle anderen Sterne aber ist in der nördlichen Hemisphäre (§. 12) der Tagbogen desto grösser, je weiter der Parallelkreis von dem Aequator absteht, oder je grösser die Declination (§. 13) des Sterns ist, und dasselbe gilt auch von dem Nachtbogen in der südlichen Hemisphäre.

IV. Ist, wie für den Parallelkreis *DD'B* der nördlichen Hemisphäre, der Bogen *QD* grösser als der Bogen *QR*, das heisst, ist die nördliche Declination eines Sterns grösser als die Aequatorhöhe (§. 18. *I.*) des Beobachtungsortes, so schneidet der Parallelkreis des Sterns den Horizont nicht mehr, oder der Stern geht, für den Beobachter *z*, nicht mehr unter und ist daher immer sichtbar.

Ist aber für einen Parallelkreis der südlichen Hemisphäre die Entfernung desselben von dem Aequator grösser als der Bogen $RQ = AH$, das heisst, ist die südliche Declination eines Sterns grösser, als die Aequatorhöhe (§. 18) des Beobachtungsorts, so geht der Stern, für diesen Ort der Beobachtung, nicht mehr auf und ist daher immer unsichtbar.

§. 25. (Culmination der Sterne.) Alle Sterne, die für einen Beobachter noch auf- oder untergehen, steigen nach ihrem Aufgange immer höher über den Horizont, bis sie, in dem Augenblicke ihres Durchgangs durch den Meridian *SZQR*, d. h. in dem Augenblicke ihrer **Culmination** (vergl. §. 19) ihre **grösste Höhe** erreichen, von welcher sie dann auf dieselbe Weise wieder zu dem Horizonte herabsteigen, so dass, zu beiden Seiten des Meridians, zu gleichen Stundenwinkeln (§. 19) oder auch zu gleichen Azimuten (§. 20) gleiche Höhen desselben Sterns gehören.

§. 26. (Circumpolarsterne, obere und untere Culmination derselben.) Solche Sterne, die so nahe bei dem Pole sind, dass sie für einen bestimmten Beobachtungsort nicht mehr untergehen (§. 24. *IV.*), wie die des Parallelkreises **DD'B**, heissen Circumpolarsterne. Sie werden daher zweimal, während ihrer Umlaufszeit, im Meridian gesehen, nämlich zur Zeit der oberen Culmination in **D** und zur Zeit der unteren Culmination in **B**; für auf- und untergehende Gestirne aber ist die untere Culmination unsichtbar. (Vergl. §. 19.)

§. 27. (Bestimmung der Polhöhe des Beobachtungsortes und der Declination der Sterne.) Wenn man die Höhe, oder was dasselbe ist, die Zenithdistanz (§. 10) eines Gestirns im Augenblicke der Culmination dieses Sterns durch irgend ein dazu geeignetes Instrument beobachtet hat, so kann man daraus sofort die Polhöhe des Beobachtungsortes finden, wenn anders die Declination des Sterns bekannt ist, oder auch umgekehrt, die Declination, wenn die Polhöhe bekannt ist.

Denn für Culminationen auf der Südseite **ZR** des Zeniths hat man, wenn der Stern von nördlicher Declination, z. B. in **S** culminirt, $QZ = QS + SZ$ oder:

Polhöhe = Declination + Zenithdistanz,

und wenn der Stern von südlicher Declination, z. B. in **T** culminirt, $QZ = TZ - TQ$ oder:

Polhöhe = Zenithdistanz — Declination.

Eben so hat man für Culminationen der Circumpolarsterne auf der Nordseite **ZH** des Zeniths, wenn der Stern über dem Pole **N**, z. B. in dem Punkte **D** culminirt, $HN = QZ = QD - DZ$ oder:

Polhöhe = Declination — Zenithdistanz,

und wenn er unter dem Pol, z. B. in dem Punkte **B** culminirt, $HN = QZ = QB - BZ$, oder, da **AB** die Declination, also **QB** die Ergänzung der Declination zu 180 Graden ist,

Polhöhe = 180° — Declination — Zenithdistanz,

wo immer + das bekannte Zeichen der Addition und — der Subtraction ist. Diese Ausdrücke zeigen, wie man von den drei Grössen, Polhöhe, Declination und Zenithdistanz im Meridian, wenn zwei derselben gegeben sind, die dritte finden kann.

§. 28. (Sternzeit.) Hätte man überdiess noch ein Mittel, für dieselbe Zeit der Culmination eines Sterns, z. B. in **S** auch noch den Stundenwinkel des Frühlingspunktes **V** (§. 19 und 22. *I.*) zu beobachten, so würde man die Declination und die Rectascension (§. 22) dieses Sterns, also eine vollständige Bestimmung seines Ortes am Himmel erhalten. Denn dieser Stundenwinkel ist (§. 19) gleich dem Winkel **VNQ** oder gleich dem Bogen **VQ** und dieser Bogen **VQ** ist zugleich die Rectascension des Sterns **S** im Augenblicke seiner Culmination.

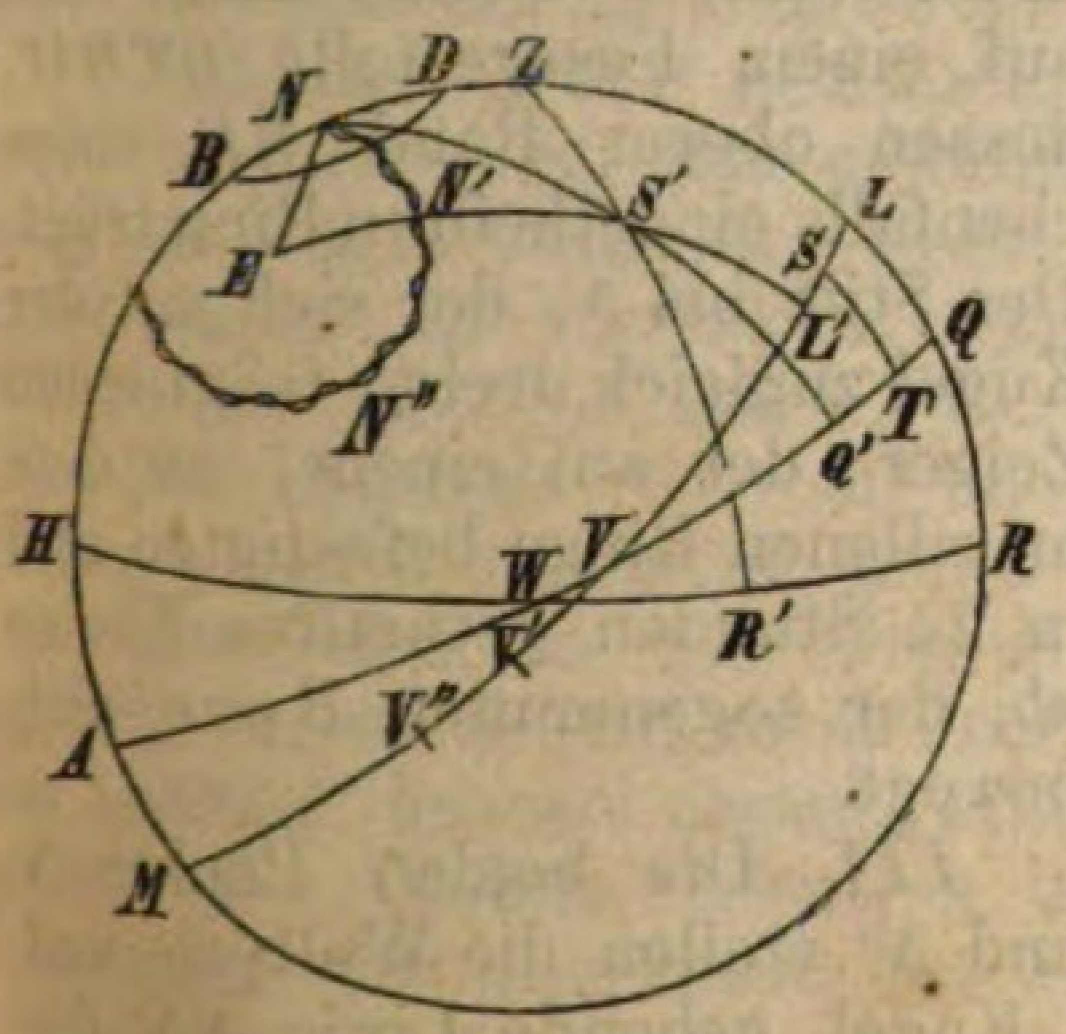
Man nennt diesen Stundenwinkel **QV** des Frühlingspunktes, der für irgend einen Augenblick statthat, auch die Sternzeit dieses Augenblickes, ganz eben so, wie wir oben (§. 19) den Stundenwinkel der Sonne in jedem Augenblicke die wahre Sonnenzeit dieses Augenblicks genannt haben, so dass es Null Uhr Sternzeit ist, wenn der Frühlingspunkt durch den oberen Theil **ZQ** des Meridians geht, und 12 Uhr Sternzeit, wenn er durch den unteren Theil **HZ'** des Meridians geht. Auch heisst das Zeitintervall zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne der

Sonnentag, und eben so die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen des Frühlingspunkts der Sterntag.

Bemerken wir noch, dass, wenn von den drei Grössen: Rectascension eines Sterns, Stundenwinkel desselben und Sternzeit der Beobachtung zwei gegeben sind, die dritte sofort durch jene zwei gefunden wird, auch wenn der Stern irgendwo vor oder nach seiner Culmination, ausser dem Meridian steht. So hat man z. B. für den Stern S' die Rectascension VQ', den Stundenwinkel QQ' und die Sternzeit VQ. Es ist aber immer $VQ = VQ' + Q'Q$, das heisst, die Sternzeit der Beobachtung ist immer gleich der Summe der Rectascension und des Stundenwinkels des Sterns. Ist der Stern, zur Zeit seiner Culmination, in dem Meridian, so ist sein Stundenwinkel Null und daher die Sternzeit der Beobachtung gleich der Rectascension des culminirenden Sterns, wie zuvor.

§. 29. (Zusammenstellung des Vorhergehenden.) Zur bequemen Uebersicht wollen wir die Fig. 1 noch einmal einfacher und nur in ihren vorzüglichsten Bestandtheilen in Fig. 2 wieder geben und dabei dieselben Zeichen, wie zuvor, gebrauchen. Hier ist also

Fig. 2.



Z das Zenith des Horizonts HWR,
N der Nordpol des Aequators AWQ und
E der Nordpol der Ekliptik MVL, somit $LQ = NE$ die Schiefe der Ekliptik. Ferner sind die Punkte H, W, R und V in derselben Ordnung Nord, West, Süd und der Frühlingspunkt, und $HN = QZ$ ist die Polhöhe des Beobachtungsortes, dessen Zenith Z ist.

Zieht man durch die drei genannten Pole Z, N und E in derselben Ordnung auf die drei Kreise HWR, AWQ und MVL die senkrechten Kreise ZR', NQ', EL', so sind diese letzten Kreise die Höhen-, Declinations- und Breitenkreise des Sterns S' und man nennt den Bogen dieser Kreise

$S'R'$ die Höhe, ZS' die Zenithdistanz,
$S'Q'$ die Declination oder Abweichung, NS' die Poldistanz.
$S'L'$ die Breite des Sterns S',

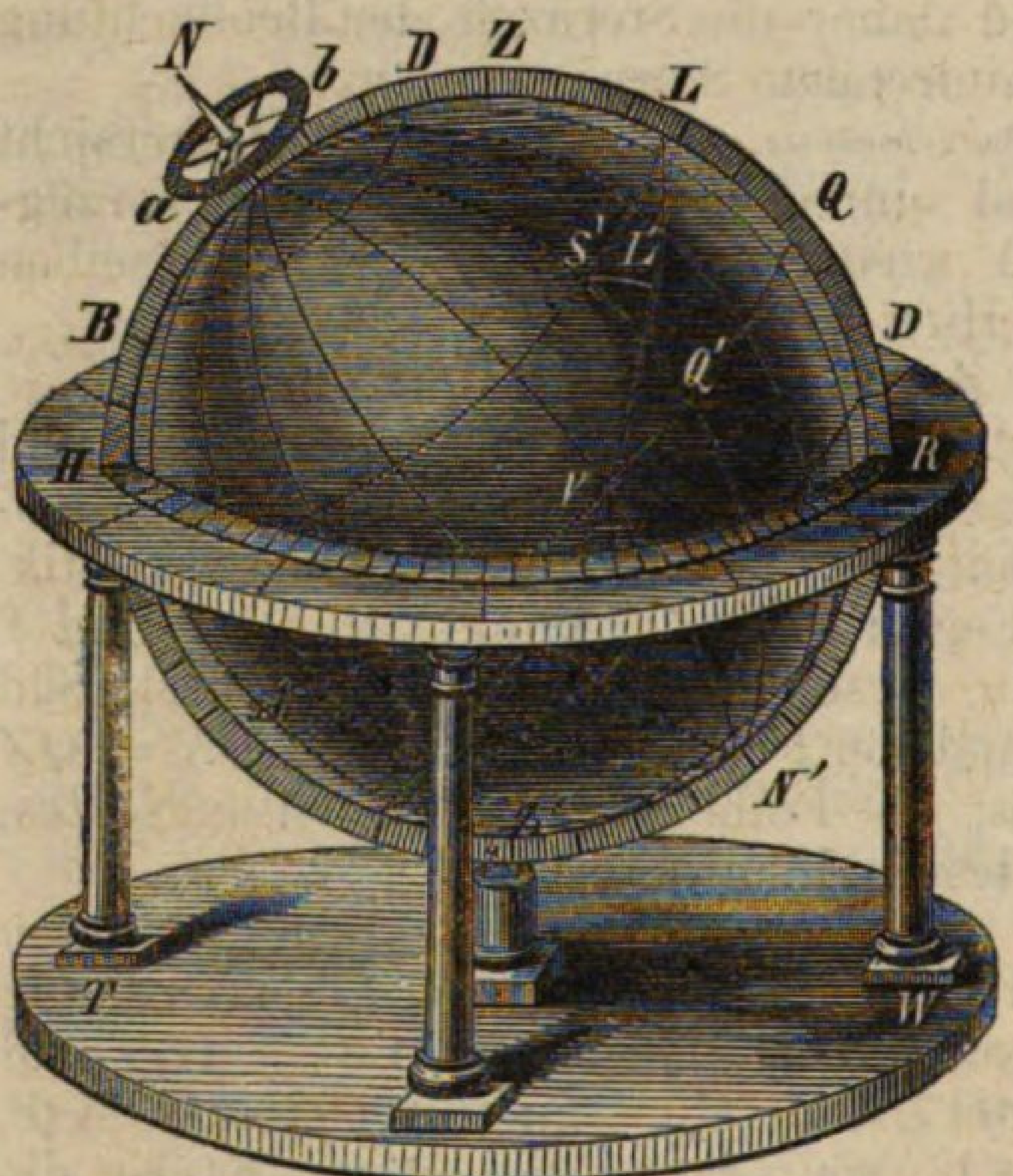
Endlich ist $RZR' = RR'$ das Azimut,
$QNQ' = QQ'$ der Stundenwinkel,
$VNQ' = VQ'$ die Rectascension oder gerade Aufsteigung,
$VEL' = VL'$ die Länge des Sterns S', so wie $VNQ = VQ$ den Stundenwinkel des Frühlingspunkts oder die Sternzeit bezeichnet.

§. 30. (Einrichtung des Globus.) Um der Imagination derjenigen Leser zu Hülfe zu kommen, die nicht gewohnt sind, was von Kugelflächen gesagt wird, in einer Ebene dargestellt zu sehen, wie diess in den beiden vorhergehenden Zeichnungen geschehen ist, wird es räthlich sein, sich das bisher Gesagte auch durch den Anblick eines sogenannten Globus zu versinnlichen. Man sieht einen solchen in Fig. 3 abgebildet. Da übrigens auf einem solchen Instrumente alle oben erwähnten Kreise und Winkel, der Natur derselben ganz gemäss, dargestellt werden, so wird

es zweckmässig erscheinen, die Einrichtung und den Gebrauch desselben schon hier kurz zu erläutern.

I. Man hat von demselben bekanntlich zwei Gattungen, den Himmels- und den Erdglobus, von welchen jener die Oberfläche des Himmels und dieser die der Erde darstellt. Die gegenwärtige Zeichnung bezieht sich auf einen Himmelsglobus, in dessen Mittelpunkt man sich wieder, wie in Fig. 1, den Mittelpunkt der Erde denken kann, so dass die Ebenen der himmlischen Kreise auf der grösseren Kugel, dort wo sie die kleinere der Erde schneiden, wieder die analogen irdischen Kreise, wie in §. 2 gesagt worden ist, anzeigen.

Fig. 3.



II. Der Himmelsglobus also besteht in einer Kugel, die in zwei einander gegenüberstehenden Punkten N und N' durch zwei Stifte in einem, in Grade getheilten, metallenen Ringe $NQZ'B$ so befestigt ist, dass sich diese Kugel um die gerade Linie NN', als um eine Axe, frei drehen lässt. Dieser Ring ruht auf einem Fussgestelle $HTRW$, dessen oberer Rand HR einen ebenfalls eingetheilten Ring trägt. Der Stift bei N, der sich mit der Kugel zugleich dreht, trägt einen Zeiger, der auf einem, an dem metallenen Ringe befestigten und in 24 Stunden getheilten Kreise *ab*, der sogenannten Rose, sich bewegt.

III. Die beiden Punkte N und N' stellen die Weltpole und die gerade, durch den Mittelpunkt der Kugel gehende Linie NN' die Weltaxe vor. In gleichen Entfernungen von den beiden Polen ist der Aequator AVQ (§. 11) mit seinen durch L und D gehenden Parallelkreisen (§. 24) und die Ekliptik $VL'L$ (§. 22. *II.*). Die durch N und N', also senkrecht auf den Aequator gezogenen Kreise, wie NQN', $NQ'N'$, NVN' .. sind Declinations- oder Stundenkreise (§. 13). Bezeichnet daher wieder V den Frühlingspunkt und S' irgend ein Gestirn, so wird, wenn $S'L'$ senkrecht auf der Ekliptik ist, VQ' die Rectascension, $Q'S'$ die Declination, VL' die Länge, $L'S'$ die Breite des Gestirns S' sein.

IV. Der erwähnte metallene Ring $NQZ'B$, der immer mit einem Declinationskreise der Kugel zusammenfällt, stellt den Meridian (§. 14), und der Kreis HR des Fussgestelles stellt den Horizont (§. 8) des Beobachters vor, dessen Zenith Z und Nadir Z' ist. Man denkt sich daher diesen Beobachter auf dem höchsten Punkte der Erde oder in dem obersten Punkte desjenigen Erddurchmessers, der verlängert durch die beiden Punkte Z und Z' des Himmels geht, weil in der That jeder Beobachter immer den höchsten Punkt der Erdoberfläche einzunehmen glaubt.

§. 31. (Orientirung des Globus.) Um den Globus für jede gegebene Zeit so zu stellen, dass er ein getreues Bild des Himmels für diese Zeit

darstellt, oder um ihn zu orientiren, hat man folgendes zu beobachten:

1⁰ Bewegt man den metallenen Ring *BNZQ* in der horizontalen Scheibe *HR* so lange auf und nieder, bis der Bogen *HN* der Polhöhe des gegebenen Beobachtungsortes gleich ist, was man an der Eintheilung jenes Ringes erkennt. Dadurch wird zugleich das Zenith *Z* dieses Beobachtungsortes in den höchsten Punkt des Globus gebracht.

2⁰ Hierauf sucht man, in dem auf der horizontalen Scheibe *HR* angebrachten Verzeichnisse, die Länge *VL'* der Sonne für den gegebenen Tag, wodurch man den Punkt *L'* des Himmels erhält, in welchem, an diesem Tage, die Sonne sich aufhält. Man dreht dann den Globus um seine Axe *NN'* so lange, bis dieser Ort *L'* unter den oberen Theil *NQR* des Meridians oder des metallenen Kreises kommt, und stellt, für diesen Stand des Globus, den Zeiger der Rose auf 0 oder 12 Uhr.

3⁰ Endlich dreht man das ganze Gestelle sammt seinem Globus so dass die Linie *HR* mit der Mittagslinie (§. 15) des Beobachtungsorts nahe übereinstimmt, und der Punkt *H* nach Nord und *R* nach Süd gerichtet ist. Zu diesem Zwecke hat man gewöhnlich an dem Fussgestelle eine kleine Magnetnadel angebracht, die aber entbehrt werden kann, da diese letzte Stellung keineswegs eine grosse Genauigkeit erfordert.

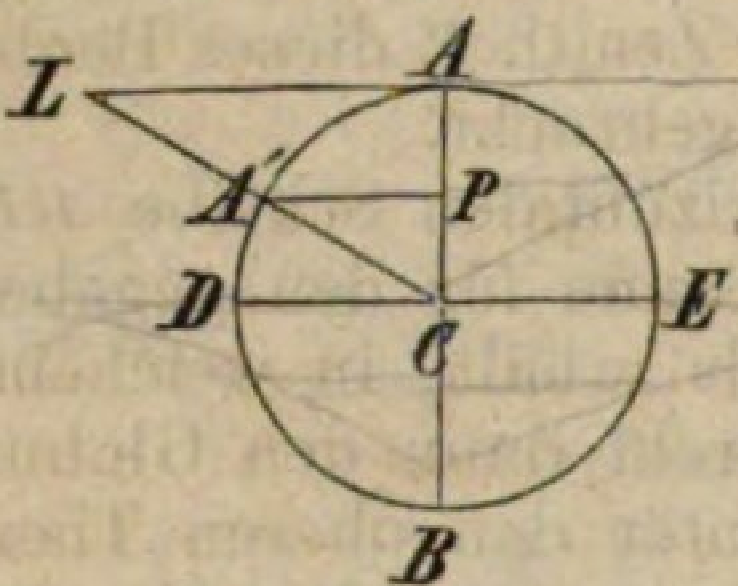
Auf diese Weise geordnet, zeigt der Globus den Zustand des Himmels so wie er für den gewählten Beobachtungsort im Mittage des gegebenen Tages statthat. Dreht man dann die Kugel, ohne das Instrument weiter zu verrücken, gegen West oder von *Q* nach *V*, bis der Zeiger der Rose *ab* auf 6, 12, 18 .. Stunden fällt, so erhält man das Bild des Himmels, wie er an demselben Beobachtungsorte um 6 Uhr Abends, um Mitternacht, um 6 Uhr Morgens . . . erscheint.

Hat man so den Globus für eine gegebene Stunde der Nacht gestellt, so wird man nach dem Augenmasse diejenigen Sterne, die man am Himmel kennen lernen will, durch gerade Linien mit dem Mittelpunkte des Globus verbinden und in den Durchschnittspunkten dieser Linien mit der Oberfläche des Globus das Sternbild und die Namen der Sterne, die man sucht, verzeichnet finden. Auf diese einfache Weise wird man in kurzer Zeit den ganzen Himmel mit allen seinen vorzüglichsten Gestirnen durchgehen. Man wird zugleich sehen, dass alle die Sterne, die auf dem Globus im Horizonte auf der Ostseite der Linie *HR* liegen, in dem gewählten Augenblicke eben aufgehen, während die auf der Westseite untergehen, und zugleich die, welche sich unter dem Meridiane *HNZQ* befinden, eben culminiren; man wird durch Drehung der Kugel die Zeit des Auf- und Untergangs, so wie die der Culmination jedes einzelnen Sterns auf der Rose ablesen, die Grösse der Tag- und Nachtbogen derselben bestimmen u. s. f., — kurz, man wird sich auf diese Weise ohne alle Mühe von dem jedesmaligen Zustande des Himmels Rechenschaft geben, eine grosse Anzahl interessanter Fragen ohne alle Rechnung auflösen, und zu gleicher Zeit sich in den Stand setzen, die nun bald folgenden Betrachtungen, durch Versinnlichung derselben an dem Globus, leichter und deutlicher zu übersehen.

§. 32. (Trigonometrische Linien.) Bemerken wir noch zum Schlusse dieser Einleitung einige besondere gerade Linien in und an dem Kreise, deren Kenntniss uns später sehr nützlich sein wird. — Sei *ADBE* Fig. 4 ein Kreis, dessen Mittelpunkt *C* ist. Zwei auf einander senkrechte Durch-

messer AB und DE theilen den Kreis in vier gleiche Theile, die man Quadranten nennt, so dass z. B. AD den ersten, DB den zweiten, BE den dritten und EA den vierten Quadranten bezeichnet.

Fig. 4.



Man nehme nun irgendwo in dem ersten Quadranten AD einen Punkt A' an und ziehe den Halbmesser CA' des Kreises, den man über A' hinaus gen L verlängern kann. Auch errichte man in dem Anfangspunkte A des ersten Quadranten eine auf dem Durchmesser AB senkrechte Linie AL, die jenem verlängerten Halbmesser CA' in dem Punkte L begegnen soll. Endlich fälle man noch aus dem Punkte A' eine senkrechte Linie $A'P$ auf denselben Durchmesser AB.

Diess vorausgesetzt, nennt man in jedem Kreise, dessen Halbmesser gleich der Einheit angenommen wird, die Linie $A'P$ den Sinus, so wie CP den Cosinus, und endlich AL die Tangente des Winkels ACA' oder, was dasselbe ist, des Kreisbogens AA', da dieser Bogen eben so viel Grade hat, als jener Winkel.

Der blosse Anblick der Zeichnung zeigt schon, dass, wenn der Punkt A' nach A fällt, Sinus und Tangente verschwinden und der Cosinus im Gegentheile gleich dem Halbmesser, d. h. gleich 1 wird. Fällt aber der Punkt A' nach D, so wird der Sinus gleich 1, der Cosinus gleich Null und die Tangente endlich ganz unbegrenzt, oder, wie man zu sagen pflegt, unendlich gross. Mit andern Worten: für den Winkel von 0 Graden ist der Sinus gleich 0, der Cosinus gleich 1 und die Tangente gleich Null. Für einen Winkel ACD oder für einen Bogen AD von 90 Graden aber ist der Sinus gleich 1, der Cosinus gleich 0 und die Tangente unendlich gross.

Es ist aber für sich klar, dass man den Bogen AA' auch grösser als 90^0 annehmen kann, wenn nämlich der willkürliche Punkt A' irgendwo in den zweiten, dritten oder selbst in den vierten Quadranten fällt. Lässt man auf diese Weise den Punkt A' die ganze Peripherie $ADBE$ des Kreises durchlaufen, und zeichnet man für einige Orte desselben, in den verschiedenen Quadranten, jene drei trigonometrischen Linien, den Sinus, Cosinus und die Tangente, in den Kreis, so bemerkt man von selbst, dass der Cosinus im zweiten Quadranten auf dieselbe Weise wächst, wie er im ersten abgenommen hat, und dass der Sinus und die Tangente im zweiten Quadranten ganz eben so abnehmen, wie sie im ersten gewachsen sind, wenn man mit dem beweglichen Punkte A' immer in derselben Richtung von A nach D bis B fortgeht. Ganz ähnliche periodische Aenderungen dieser drei Linien haben offenbar auch im dritten und vierten Quadranten statt, so dass es daher genug ist, die Grösse dieser Linien nur für alle Punkte in dem ersten Quadranten zu kennen, um sie auch sofort für die drei übrigen Quadranten zu finden. Für diesen ersten Quadranten oder für alle Winkel von 0^0 bis 90^0 hat man diese Linie schon längst sehr genau in den sogenannten trigonometrischen Tafeln berechnet, mit deren Gebrauch sich jeder Leser leicht durch die ihnen gewöhnlich beigefügte Anleitung bekannt machen kann. Man sieht, dass die Sinus des dritten und vierten Quadranten auf der andern Seite des Durchmessers AB, und die Cosinus des zweiten und dritten Quadranten auf der andern Seite des Durchmessers DE

liegen. In der Geometrie pflegt man aber diese Verschiedenheit der Lage durch die Zeichen + und — auszudrücken und die mit + versehenen Grössen positiv, die andern aber negativ zu nennen. Nimmt man nun, wie gewöhnlich, in dem ersten Quadranten alle jene drei Linien positiv an, so folgt daraus, dass der Sinus im ersten und zweiten Quadranten positiv und im dritten und vierten negativ; dass der Cosinus im ersten und vierten Quadranten positiv und im zweiten und dritten negativ, und dass endlich die Tangente im ersten und dritten Quadranten positiv und im zweiten und vierten negativ ist.

Andere Eigenschaften dieser drei merkwürdigen Linien kann man im Eingange eines jeden trigonometrischen Handbuchs kennen lernen, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten wollen. Eine zweckmässige Einleitung zu solchen Studien würde K. von Littrow's »populäre Geometrie Stuttgart 1839« bieten.

Bemerken wir noch, dass bei allen Zahlen dieser Schrift diejenigen Ziffern, welche nach dem Punkt folgen, sogenannte Decimalbrüche sind, so dass die erste Ziffer nach dem Punkte Zehntel, die zweite Hundertel, die dritte Tausendtel u. s. w. bezeichnet. Da diese Art die Brüche zu schreiben viel bequemer als die gewöhnliche, und da sie zugleich in der Astronomie die gebräuchlichste ist, so wurde sie auch hier beibehalten. Diesem gemäss heisst z. B. die Zahl 24.75 so viel als 24 Ganze, 7 Zehntel und 5 Hundertel, oder, was dasselbe ist, 24 Ganze und 75 Hundertel. Eben so heisst 0.002 so viel als kein Ganzes und 2 Tausendtel und 0.0025 so viel als 25 Zehntausendtel u. s. w. Es wäre sehr zu wünschen, dass diese Art zu rechnen überall, selbst im gemeinen Leben eingeführt würde, besonders wenn auch unsere Masse, Gewichte und Münzen, wie es z. B. in Frankreich der Fall ist, nach demselben zehntheiligen oder nach dem sogenannten Decimal-Systeme eingetheilt wären.

Erste Abtheilung.

Theorische Astronomie

oder

allgemeine Erscheinungen des Himmels.

Kapitel I.

Gestalt der Erde.

§. 1. (Erste Erscheinungen am Himmel und auf der Erde.) Die Erde erscheint uns auf den ersten Blick als eine, nach allen Seiten endlos ausgebreitete Ebene, unter welcher uns Alles fest und sicher dünkt, und über welcher sich der Himmel mit seinen Wolken und Gestirnen in der Gestalt einer Halbkugel wölbt. Da wir in der That von unseren höchsten Thürmen und Gebirgen denjenigen Theil der Erde, den wir von jenen Standpunkten übersehen, einige Erhöhungen und Vertiefungen ausgenommen, immer nur als eine Ebene erblicken, eine Erscheinung, die auf der hohen glatten See noch viel deutlicher hervortritt, so sind wir dadurch veranlasst, die ganze Erde selbst für eine solche Ebene zu halten, über welcher der Himmel, gleich einem Gewölbe, ausgespannt ist. Diess war ohne Zweifel die ganze Astronomie der ersten Menschen; diess ist noch die Astronomie der Wilden in Afrika und Amerika, und wohl auch die vieler Zahmen in Europa, die sich, in ihrer Bescheidenheit, zum Unterschiede von jenen, die Gebildeten zu nennen pflegen. — Aber, wie weit ist es von diesem ersten gedankenlosen Anstaunen des Himmels und der Erde bis zu jener Ansicht, welche alle Erscheinungen derselben, welche den Zustand des ganzen Weltsystemes, in den vergangenen und künftigen Zeiten, gleichsam mit einem einzigen Blicke zu umfassen vermag.

Um dahin zu gelangen, mussten Jahrtausende von aufmerksamen Beobachtungen vorausgehen; musste eine lange Reihe von Täuschungen und Irrthümern bekämpft werden, um in den äusserst verwickelten Phänomenen, welche uns der gestirnte Himmel darbietet, die blosse

Erscheinung von der Wirklichkeit zu trennen, um in diesen Erscheinungen die ihnen zu Grunde liegenden Thatsachen zu erkennen, und um endlich von diesen Thatsachen sich bis zu dem Gesetze, dem sie alle gehorchen, bis zu dem Alles umfassenden Princip der allgemeinen Gravitation zu erheben, aus welchem alle jene Phänomene, wie aus einer gemeinschaftlichen Quelle, abgeleitet werden können.

Diess ist der Weg, den der menschliche Geist in dieser Wissenschaft zurückgelegt hat, und zugleich der, welchen wir im gegenwärtigen Werke zu zeichnen versuchen wollen.

Sollte ein Unternehmen solcher Art, nach solchem Ziele, noch einer Apologie des Verfassers, oder einer Aufmunterung des Lesers bedürfen? — In manchen Minen soll es Menschen geben, die dort geboren und begraben werden, ohne je die Sonne und die Gestirne gesehen zu haben. Diese Bedauerungswürdigen, wie wenig sind sie von jenen Unglücklichen verschieden, die wohl auf der Oberfläche der Erde leben, aber darum doch nicht mehr bemerken von allen den Herrlichkeiten, die sie umgeben; die stumm und fühllos stehen in einer Welt voll Wunder, und deren Augen jenem Lichte verschlossen bleiben, welches für andere Menschen die Quelle der edelsten und erhabensten Genüsse sein muss! Die Astronomie ist es, welche uns diese Augen des Geistes öffnet, und uns die Wunder einer Welt entschleiert, die beinahe nur von Blinden bewohnt wird.

§. 2. (Die Erde ist keine Ebene, und hat keine Unterstützung.) Es genügte vielleicht schon eine geringe Aufmerksamkeit, die Unrichtigkeit der oben angeführten Ansicht einer nach allen Seiten ohne Grenzen ausgebreiteten ebenen Erde, mit der sicheren Grundlage unter ihr, auf der sie, wie man wähnte, ruhen sollte, zu bemerken. Man sah täglich die Sonne im Osten auf- und im Westen untergehen, und konnte doch nicht zweifeln, dass es immer dieselbe Sonne ist, welche dieses Schauspiel mit jedem neuen Tage vor uns aufführt. — Wo war sie aber während der Nacht? und was geht mit dem Monde und mit allen anderen Gestirnen des Himmels vor, die uns ebenfalls täglich im Westen verschwinden, um bald darauf im Osten wieder sichtbar zu werden? Sie sind doch offenbar dieselben, die wir gestern, die wir alle Tage schon gesehen haben. — Sie müssen also wohl unter uns, unter der Erde durchgegangen sein, so dass wir von den Kreisen, die sie um uns beschreiben, nur denjenigen Theil erblicken, der über der Erde steht, während der andere Theil derselben, der auf der anderen Seite, der unter der Erde liegt, uns von dieser Erde selbst bedeckt, und daher für uns unsichtbar wird.

Die Erde kann also wohl erstens kein endlos ausgedehnter Körper sein, wie wir anfangs glaubten, sondern sie muss, so gross sie auch übrigens sein mag, doch immer in bestimmte Grenzen eingeschlossen sein, weil sonst jene Gestirne nicht um sie gehen könnten.

Auch werden wir zweitens den Glauben an ihren festen Stand, an die sichere Unterlage, auf der sie ruhen soll, aufgeben müssen, so sehr wir auch gewohnt sein mögen, die Erde als das Symbol der Festigkeit zu betrachten, und so sicher wir uns auch bisher dünken mochten, wenn wir nur unseren Fuss auf die »dauernde, wohlbegründete Erde« setzen konnten. Denn welcher Art könnte jene Unterlage wohl sein, wenn sie die ganze schwere Erde tragen, und nicht selbst wieder einer

anderen Unterlage bedürfen sollte, und worauf würde die letzte aller dieser Unterlagen selbst ruhen? Jene Gestirne endlich, wenn sie, wie wir gesehen haben, ihre Bahnen unter der Erde fortsetzen, sollen sie jene Unterlage vermeiden, oder durchbrechen, oder in zahllosen Kanälen sich ihre Wege durch dieses Hinderniss bahnen? — Wir werden also wohl auch diese ganze Unterlage aufgeben, und annehmen müssen, dass die Erde nicht nur in horizontaler Richtung, sondern auch auf ihrer unteren Seite ebensowohl ein begrenzter Körper ist, wie wir dieses auf der oberen Seite derselben, auf der wir uns selbst befinden, bemerken. Welche Gestalt also diese unsere Erde auch haben mag, sie ist ein ringsum abgeschlossener Körper, dessen Oberfläche in allen seinen Theilen, mit der sie umgebenden Luft, oder doch mit dem übrigen Weltraume in Verbindung steht, und da sie, wie wir gesehen haben, keine Unterlage haben kann, wenn anders noch die Sterne sich um sie bewegen sollen, so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass sie frei in diesem Weltraume schwebe, oder dass irgend ein unsichtbares, ein uns unbekanntes Band sie an dieser Stelle des Himmels festhalte. Ein kühner Gedanke für den, der ihn zuerst gedacht hat, obschon er, wenn er anders folgerecht denken sollte, beinahe dazu gezwungen wurde.

§. 3. (Kugelgestalt der Erde.) Noch ist drittens die äussere Form dieser im Himmelsraume freischwebenden Erde zu bestimmen übrig. Hat sie die Gestalt eines Würfels, eines Cylinders oder irgend eines andern Körpers? Solche Fragen können offenbar nicht durch Schlüsse, sondern sie müssen durch Beobachtungen entschieden werden, und gewiss, wenn wir unsere Erde aus recht grosser Entfernung, etwa aus dem Monde sehen könnten, wir würden mit dieser unserer Untersuchung bald im Reinen sein. Da wir aber an sie gebunden, und da alle Wege, die zum Monde führen, uns unbekannt sind, so wollen wir uns wenigstens so weit über sie erheben als wir eben dürfen, um, weil wir das Ganze nicht übersehen können, doch einen möglichst grossen Theil desselben zu erblicken.

Unsere Berge, besonders die isolirt in der Ebene stehenden, bieten uns dazu ein gutes Mittel. Und wie erscheint uns da der Theil der Erde, den wir vom Gipfel jener Berge übersehen? — Durchaus in der Gestalt eines Kreises, über dessen Mittelpunkt wir selbst zu stehen glauben. Immer sehen wir die äussersten Gegenstände der Erde, die unseren Gesichtskreis begrenzen, in gleicher Entfernung von unseren Augen, und alle gleich tief unter uns. Die schärfsten Messungen mit dazu geeigneten Instrumenten bestätigen diese Erscheinung vollkommen, und auf der hohen See tritt sie, selbst auf den ersten Blick, als eine nicht weiter zu bezweifelnde Thatsache hervor. Die Schiffer nehmen bei allen ihren Beobachtungen auf diese Erscheinung Rücksicht, die bei ihnen unter der Benennung der Depression des Horizonts (Einl. §. 8) bekannt ist.

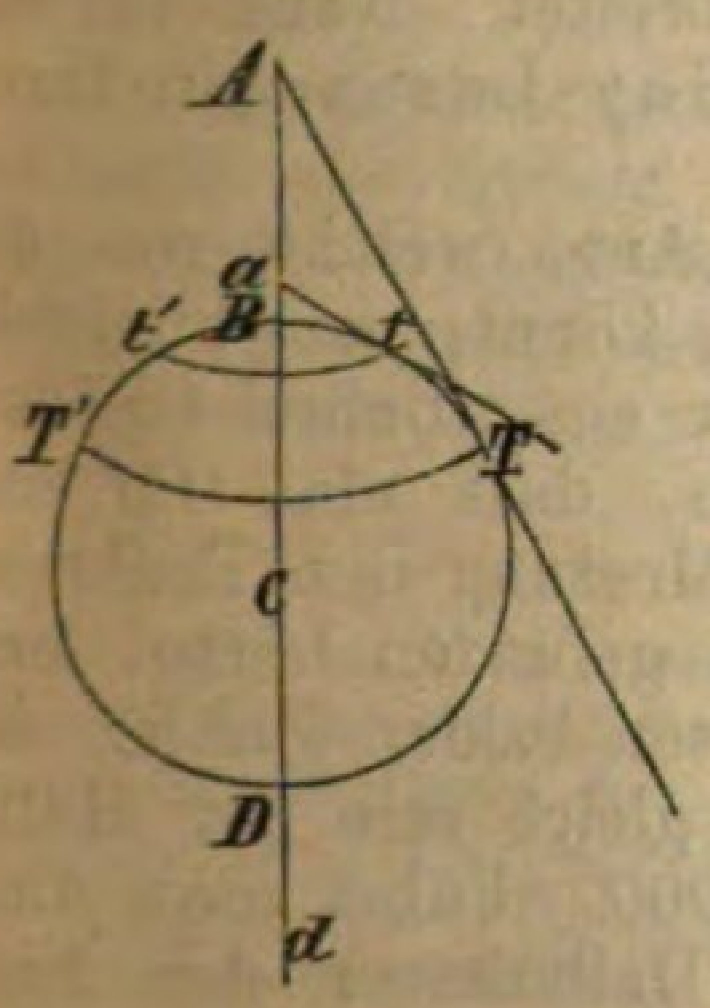
Wenn uns aber die Oberfläche der Erde überall, wo wir sie aus einem Punkte über ihr betrachten, von einem Kreise begrenzt erscheint, so muss diese Erde selbst offenbar die Gestalt einer Kugel haben, da nur bei der Kugel in allen ihren Theilen jene Erscheinung statthaben kann.

§. 4. (Wie viel wir von der Erde in grösseren Höhen übersehen.) Bleiben wir nun einen Augenblick bei diesem Gegenstande stehen, um ihn etwas näher

zu betrachten. — Wir werden weiter unten sehen, dass der Halbmesser dieser Kugel 19632000 Pariser Fuss, oder nahe $859^4/_{10}$ deutsche Meilen beträgt, von welchen eine der 15te Theil eines Grades des Umfanges der Erde ist, und $22843^4/_{10}$ Pariser Fuss hat. Diess vorausgesetzt, wie viel übersehen wir von der Erde von der Spitze eines Thurmes, oder von dem Gipfel eines Berges, dessen Höhe gegeben ist, und unter welchem Winkel erscheint uns, in jener Höhe, dieser von dort sichtbare Theil der Erde?

Es ist für sich klar, dass wir immer mehr von dieser kugelförmigen Erde übersehen werden, je höher wir steigen, und dass zugleich der uns sichtbare Theil der Erde, obschon er, wenn wir uns über ihn erheben, an sich selbst immer grösser wird, doch sich unserem Auge unter einem geringeren Winkel darstellen, oder immer kleiner erscheinen wird. So werden wir ganz nahe über der Oberfläche der Erde, in der geringen Höhe von 14 Fuss, auf der offenen See einen Kreis derselben übersehen, dessen Peripherie in allen ihren Punkten nahe eine Meile von uns entfernt ist, aber dieser Halbmesser von einer deutschen Meile steht uns so nahe, dass er uns unter einem sehr grossen Winkel erscheint, der nur vier Minuten kleiner ist, als ein Quadrant, der also beinahe ein rechter Winkel ist, oder mit anderen Worten, die geraden Linien aus unserem Auge an alle Punkte der Peripherie werden nur äusserst wenig unter den Horizont geneigt sein, und jener Kreis selbst, also auch mit ihm die ganze sichtbare Erde, wird uns als eine nahe horizontale Ebene erscheinen. Könnten wir uns aber so weit als der Mond von unserer Erde entfernen, dessen Oberfläche, wie wir später sehen werden, 50710 Meilen von der Oberfläche der Erde absteht, so würden wir, von diesem weiten Standpunkte aus, einen viel grösseren kreisförmigen Theil der Erde übersehen, dessen Peripherie von dem mittleren Punkte dieser sichtbaren Erdfläche ringsum 1335 Meilen absteht, d. h. wir würden von dem Monde aus beinahe die ganze zu uns gekehrte Hälfte der Erde, deren Umkreis 5400 Meilen beträgt, übersehen, aber dessen ungeachtet würde uns diese ganze grosse Kugel nur unter dem sehr kleinen Winkel von noch nicht zwei Graden oder noch nicht einmal viermal so gross im Durchmesser erscheinen, als wir jetzt den Mond oder auch die scheinbar nahezu gleich grosse Sonne am Himmel erblicken. Sei *C* (Fig. 5) der Mittelpunkt der kugelförmigen Erde *BTD* und ein Beobachter *a* in der Höhe *Ba*, so wie ein zweiter *A* in der Höhe *BA* über der Oberfläche der Erde. Zieht man von diesen Punkten *a* und *A* die geraden Linien *at* und *AT*, welche die Erde in *t* und *T* berühren, so stellen *tt'* und *TT'* die Peripherien der Kreise vor, welche die aus *a* und *A* sichtbaren Theile der Erde begrenzen, und man kann *Bt* und *BT* die Halbmesser dieser Kreise, so wie die Winkel *Cat* und *CAT*, unter welchen diese Halbmesser dem Beobachter in *a* und *A* erscheinen, die Gesichtswinkel derselben nennen. Der blosse Anblick der Zeichnung zeigt, dass, wenn die Höhe des Beobachters über der Erde wächst, auch jene Halbmesser wachsen.

Fig. 5.



Untenstehende Tafel gibt eine leichte Uebersicht dieser Grössen. Die erste Columne enthält die Höhe *BA* des Beobachters über der Oberfläche der Erde in Pariser Fuss, die zweite gibt den Halbmesser *BT* des sichtbaren Kreises ebenfalls in Pariser Fuss und überdiess in deutschen Meilen, und die dritte endlich gibt den Gesichtswinkel *CAT*, unter welchem dieser Halbmesser dem Auge in *A* erscheint.

Höhe.	Halbmesser.		Gesichtswinkel.
10 Fuss	19804 Fuss	0.85 Meil.	89° 56′
20 „	28022 „	1.23 „	89 55
30 „	34310 „	1.51 „	89 54
40 „	39618 „	1.74 „	89 53
50 „	44295 „	1.94 „	89 52
100 „	62642 „	2.74 „	89 49
200 „	88590 „	3.88 „	89 44
300 „	108500 „	4.75 „	89 41
400 „	125260 „	5.48 „	89 38
500 „	140070 „	6.13 „	89 35
1000 „	198090 „	8.67 „	89 25
2000 „	280150 „	12.26 „	89 10
3000 „	343100 „	15.02 „	89 0
4000 „	396180 „	17.34 „	88 50
5000 „	442950 „	19.39 „	88 42
10000 „	626400 „	27.42 „	88 10
15000 „	767200 „	33.59 „	87 45
20000 „	885890 „	38.78 „	87 24
25000 „	990450 „	43.36 „	87 6

Dividirt man diese Halbmesser oder die Zahl der zweiten Columne durch 22843, so erhält man die Werthe derselben in deutschen Meilen. So findet man z. B. für die vier letzten Angaben der Tafel, dass man von dem Pic in Teneriffa (Höhe 10000 P. Fuss) einen Umkreis der Erde von 27 Meilen im Halbmesser übersehen kann, und dass dieser Halbmesser für den Montblanc (Höhe 15000 P. Fuss) 34, für den Chimborasso (Höhe 20000 P. Fuss) nahe 39, und endlich für den Gipfel des Dhawalagiri im Himalaja-Gebirge (Höhe 25000 P. Fuss) nahe 43 deutsche Meilen beträgt, während er, wie wir bereits oben gesehen haben, für den Mond (Höhe 50710 Meilen) auf 1335 Meilen oder sehr nahe auf den 4ten Theil der Oberfläche der Erde sich ausbreitet. Nahe auf die Höhe von 25000 Fuss erhoben sich Biot und Gay-Lussac in ihren aëronautischen Expeditionen.

§. 5. (Grösse der Erde.) Beobachtungen dieser Art, welche uns die kugelförmige Gestalt der Erde kennen lehren, könnten uns zugleich, was wohl nicht weniger interessant wäre, von der eigentlichen Grösse dieser Kugel unterrichten. Nehmen wir z. B. an, dass man für eine Höhe *BA* von 10000 P. Fuss durch irgend eine Messung den Halbmesser *BT* jenes sichtbaren Kreises = 626400 Fuss gefunden hätte, eine sehr einfache Rechnung würde uns dann aus diesen beiden Zahlen den Halbmesser der Erde geben. Er würde nämlich gleich sein der Hälfte des Quadrats der Zahl 626400, dividirt durch 10000. Führt man diese kleine Rechnung aus, so findet man für den Halbmesser der Erde 19632000 P. Fuss, oder 859$^{4}/_{10}$ d. M. wie zuvor. Kennt man aber den

Halbmesser einer Kugel, so ist es bekanntlich sehr leicht, auch die Peripherie und die Fläche eines grössten Kreises derselben, so wie die Oberfläche und den körperlichen Inhalt der Kugel selbst zu finden *). Allein diese Beobachtungen sind sehr schwer mit der wünschenswerthen Genauigkeit anzustellen, weil die Atmosphäre, wie wir weiter unten sehen werden, alle Gegenstände, die wir durch sie erblicken, verstellt, so dass diese Gegenstände uns an ganz anderen Orten, als wo sie in der That sind, erscheinen, eine Verrückung, die besonders in der Nähe des Horizonts, wo jene Beobachtungen angestellt werden sollen, so gross und so verwickelt ist, dass man auf alle Präcision in den Resultaten solcher Experimente Verzicht leisten muss.

§. 6. (Folgen der Kugelgestalt der Erde.) Wir wollen uns daher begnügen, die Gestalt der Erde überhaupt auf diesem Wege erkannt zu haben. — Unser Wohnort ist also, wie wir gesehen haben, keine Ebene, die sich ohne Ende in die Tiefe, und ohne Grenzen nach der Seite ausdehnt, sondern sie ist eine Kugel, die ohne Unterstützung frei im Weltraume schwebt, wie der Mond und die Sonne, die wir ebenfalls unter derselben kugelförmigen Gestalt am Himmel schweben sehen. Diese Sonne bringt uns den Tag, so oft sie in Osten erscheint, und die von uns bewohnten Gegenden mit ihren Strahlen beleuchtet. Wenn sie aber ihren Lauf, an dem uns sichtbaren Gewölbe des Himmels, über uns vollendet hat, und am Abend jedes Tages unseren Augen verschwindet, so legt sie den übrigen Theil ihrer täglichen Bahn auf der anderen Seite der Erde, also unter uns, zurück, und beleuchtet die uns entgegengesetzten Gegenden der Erdkugel, die sie dann mit dem Lichte des Tages erfreut, während wir im Schatten der Nacht ruhen, bis uns die Morgenröthe in Osten aus unseren Träumen weckt, und wir einem neuen Tag entgegen gehen, während jene wieder von dem dunkeln Mantel der kommenden Nacht bedeckt werden. So wechseln Licht und Schatten auf unserer kugelförmigen Erde; Tag und Nacht haben sie zu gleichen Hälften unter sich getheilt, und dieselbe Sonne ist es, die, täglich ihren Kreislauf um die Erde vollendend, allmählich alle Gegenden derselben mit ihren wohlthätigen Strahlen beleuchtet und erwärmt.

— — Redit a nobis aurora diemque reducit,
Nosque ubi primus equis Oriens afflavit anhelis,
Illic sera rubens accendit lumina Vesper.

Virg.

Wir werden später die Mittel kennen lernen, die Gestalt sowohl, als auch die Grösse der Erde mit grosser Genauigkeit zu bestimmen. Hier wird es genügen, noch einige Bemerkungen anzuführen, durch welche die bereits erkannte Kugelgestalt der Erde bestätigt wird, und die sämmtlich der Art sind, dass sie keine weiteren Vorkenntnisse vor-

*) Ist nämlich r der Halbmesser der Kugel, und π die Zahl 3.1415926, so ist die Peripherie eines grössten Kreises derselben $2r\pi$ und die Fläche dieses Kreises $rr\pi$; die Oberfläche der Kugel selbst aber $4rr\pi$ und endlich ihr Volumen oder ihr körperlicher Inhalt $\frac{4}{3}rrr\pi$. Nimmt man, wie zuvor, r gleich $859\frac{1}{10}$ Meilen, so findet man demnach für die Peripherie des grössten Kreises der Erde (diese als Kugel angenommen) 5400 Meilen, und die Fläche desselben 2320000 Quadrat-Meilen, die Fläche der ganzen Kugel aber 9282000 Quadrat-Meilen, und das Volumen derselben 2659000000 Kubik-Meilen.

aussetzen, und daher auch schon in den frühesten Zeiten angestellt werden konnten.

§. 7. (Beweise der Kugelgestalt der Erde: I. Aus der Ansicht ferner Gegenstände.) Wenn Reisende in einer Ebene sich fernen Bergen oder einem hohen Thurme allmählich nähern, so erblicken sie bekanntlich zuerst die höchsten Spitzen, und erst später die immer tiefer liegenden Theile derselben. Noch deutlicher tritt diese Erscheinung auf der hohen See hervor, wo die am Ufer stehenden Zuschauer von dem absegelnden, und sich immer mehr von ihnen entfernenden Schiffe zuerst die untersten Theile desselben aus dem Gesichte verlieren, und zuletzt, ehe das Ganze verschwindet, nur noch die höchsten Spitzen der Maste erblicken. Da diese Erscheinung auf allen Orten der Erde statthat, so muss die Erde selbst eine runde Gestalt haben, und kann keine Ebene sein, weil in dem letztern Falle jenes Schiff, gleich einem Vogel oder einem Luftballone, je weiter es sich von uns entfernt, nicht, wie zuvor, bloss an seiner unteren Seite unsichtbar, sondern in allen seinen Theilen zugleich kleiner werden, und endlich als ein für unser Auge unsichtbarer Punkt gänzlich verschwinden müsste.

§. 8. (II. Aus Reisen in der Richtung des Meridians und um die Welt.) Jedermann kennt das schöne Sternbild am nördlichen Himmel, welches man den grossen Bären oder auch den Wagen nennt. Es besteht vorzüglich aus sieben grossen Sternen, deren vier wie die Räder eines Wagens sehr nahe ein regelmässiges Viereck bilden, während die drei anderen die etwas gekrümmte Deichsel vorstellen. Wenn man durch die beiden Hinterräder desselben eine gerade Linie zieht, und die Verlängerung derselben gegen Norden fünfmal so gross nimmt, als die Distanz dieser zwei Räder, so trifft das Ende dieser Linie einen anderen schönen Stern, den man den Polarstern nennt. Dieser wichtige Stern, von welchem wir später noch oft sprechen werden, steht beinahe in völliger Ruhe am Himmel, während alle anderen in jedem Tage kleinere oder grössere Kreise um ihn zu beschreiben scheinen. Wenn man auf der Erde in der Richtung von Süd nach Nord, gleichsam auf den Polarstern zureist, so erhebt sich jener Stern immer mehr über unseren Horizont, und zwar in demselben Verhältnisse, in welchem man gegen Norden vorrückt. Eine solche Reise in der Richtung von Süd gegen Nord würde z. B. die von Rom über Venedig, Regensburg und Leipzig nach Rostock sein. In Rom aber sieht man den Polarstern in der Höhe von 42 Graden über dem Horizonte, während er in Rostock 12 Grade höher oder in der Höhe von 54 Graden über dem Horizont dieser letzten Stadt erscheint. Allein die Distanz dieser beiden Orte auf der Erde beträgt 180 deutsche Meilen. Da nun, nach dem Vorhergehenden, 15 deutsche Meilen auf einen Grad des Umfangs der Erde gehen, so betragen diese 180 Meilen ebenfalls 12 Grade auf der Oberfläche der Erde oder genau ebenso viel, als jene Erhöhung des Polarsternes am Himmel, wie dieses sein muss, wenn die Erde in der That die Gestalt einer Kugel haben soll.

Wir wissen ferner, dass unsere Weltumsegler, wenn sie ihren Lauf immer in derselben Richtung, z. B. von Ost nach West beibehalten, also sich scheinbar immer weiter von ihrem Abfahrtspunkte entfernen, dass sie doch am Ende ihrer Reise wieder an demselben Punkte ankommen, von welchem sie ausgegangen sind, was unmöglich wäre, wenn die Erde die Gestalt einer Ebene hätte. Ebenso entfernen sich zwei

Schiffe, die aus demselben Hafen, das eine nach West und das andere nach Ost auslaufen, nicht immer von einander, wie dieses auf einer Ebene der Fall sein müsste, sondern sie begegnen einander auf halbem Wege, obschon sie in der That immer in derselben Richtung, und zwar auf einer scheinbaren Ebene fortzusegeln wähnten, ohne irgendwo eine Ecke oder einen Abgrund zu treffen, der sie in ihrem Laufe aufgehalten hätte.

§. 9. (III. Aus Mondsfinsternissen.) Wer je eine Mondsfinsterniss angesehen hat und weiss, dass sie entsteht, wenn der Mond in den Schatten tritt, welchen die von der Sonne beleuchtete Erde hinter sich wirft, dem wird der blosse Anblick dieser Erscheinung schon einen Beweis mehr für die runde Gestalt der Erde geben. Die Grenze des Erdschattens erscheint nämlich, bei diesen Finsternissen, auf der kugelförmigen Oberfläche des Mondes immer rund, zum Zeichen, dass die Erde selbst, welche diesen Schatten wirft, auch rund sein müsse. Zwar könnte man einwenden, dass auch dann, wenn die Erde und daher auch ihr Schatten von ebenen Flächen begrenzt wären, der letzte auf dem Monde doch noch immer rund erscheinen müsste. In der That ist der Schnitt einer Kugel, also auch der des Mondes, mit einer Ebene, immer ein Kreis, und ein Kreis muss allen denen, welche ausser der Ebene desselben, und schief gegen dieselbe stehen, als eine Ellipse, also als eine krumme Linie erscheinen. Allein wir, die Bewohner der Erde, sind zur Zeit jener Finsternisse immer sehr nahe in der Ebene jenes Kreises, und dieser Kreis oder diese Schattengrenze müsste uns daher auf dem Monde als eine gerade Linie erscheinen, wenn diese Schattengrenze selbst eine Ebene wäre. Da diess aber gegen die Erfahrung ist, oder da uns diese Grenze immer krumm erscheint, so muss auch unsere Erde selbst eine krumme Gestalt haben.

§. 10. (IV. Aus der Gestalt anderer Gestirne.) Als im sechzehnten Jahrhundert die Fernröhre erfunden wurden, bemerkte man auch an mehreren anderen Himmelskörpern dieselbe Kugelgestalt, die man denn auch sehr bald als die Lieblingsform der Natur erkannte, bis sie endlich, durch die Theorie der allgemeinen Schwere, nur mit einigen kleinen Abweichungen, von welchen wir später reden werden, als die einzig mögliche erkannt und bewiesen worden ist. Sonne und Mond und alle Planeten mit ihren Satelliten haben diese Gestalt; warum sollte allein die von uns bewohnte Erde sie nicht auch haben? Ein dunkles Gefühl scheint uns bereits aus den wenigen vorhergehenden Betrachtungen zuzurufen, dass wir bisher im Irrthume waren, wenn wir die Erde, unseren Wohnort, als etwas Eigenes, für sich Bestehendes ansahen, dergleichen nicht weiter in der übrigen Welt zu finden sei, ja der zu Liebe wohl, wie wir früher wähnten, alles Andere da sein soll, und dass wir uns daher bei Zeiten gewöhnen müssen, in dieser Erde nicht sowohl unseren ausschliessenden Wohnort, als vielmehr einen jener grossen Himmelskörper mehr zu erblicken, welche den Weltraum um uns erfüllen, von deren Chor wir nur einen, und wie wir bald sehen werden, einen sehr kleinen Theil ausmachen.

§. 11. (Genauere Bestimmung der Gestalt der Erde, Naturmass.) Wir haben bisher die Gestalt unserer Erde kugelförmig gefunden, denn so stellen sie in der That die Beobachtungen dar, deren wir oben umständlich erwähnten. Allein jene Beobachtungen sind, wenn wir sie genau betrach-

ten, alle der Art, dass sie keine hohe Schärfe besitzen, und daher die Gestalt der Erde nur im Allgemeinen zeigen. Es ist diess einer der Fälle, die so oft in der Astronomie und allen jenen Wissenschaften vorkommen, die nicht wie z. B. die Geometrie aus selbstgeschaffenen und uns angebornen Begriffen entstehen, sondern auf Gegenständen ausser uns und auf Experimenten beruhen, die wir mit diesen Gegenständen anstellen müssen, um sie in ihren Verhältnissen unter einander zu erkennen. Diese Verhältnisse sind meist zu verwickelt, um sie sogleich nach allen ihren Beziehungen zu übersehen, und es ist daher nicht nur nothwendig, zuerst bloss das Allgemeine der Erscheinung aufzufassen, dieselbe gleichsam nur im Rohen darzustellen, und die weitere, feinere Ausbildung späteren Untersuchungen zu überlassen, sondern es ist zugleich eines der sichersten Kennzeichen des höheren Talentes Anfangs die entscheidenden Merkmale, die Hauptmomente seines Gegenstandes zu ergreifen, und sogleich auf das Ziel loszugehen, ohne sich von den begleitenden Nebenumständen beirren zu lassen. Ebenso wurde auch hier verfahren. Es mochte dem Ersten, der über die Gestalt der Erde nachgedacht hat, schwer genug gefallen sein, sich von dem bis dahin nirgends bezweifelten Vorurtheile einer durchaus ebenen Erde zu befreien, und sie wenigstens im Allgemeinen als eine grosse Kugel sich vorzustellen; aber es würde ihm ohne Zweifel noch viel schwerer, wo nicht ganz unmöglich gewesen sein, die wahre Gestalt dieser Erde mit allen ihren kleinen Abweichungen von der Kugelform zu erkennen. Man begnügte sich Jahrhunderte durch mit der Voraussetzung, dass sie eine Kugel sei, und diese Voraussetzung genügte auch vollkommen für den gesammten Zustand der astronomischen Kenntnisse jener Zeiten.

Es hatte mit anderen Worten die Untersuchung bis dahin sich mehr mit der Grösse als der eigentlichen Gestalt der Erde befasst. Die Wege, die man zu diesem Zwecke eingeschlagen, laufen alle, wie der oben angezeigte, darauf hinaus, die Länge des Bogens eines grössten Kreises der Oberfläche und den Winkel zu finden, der diesem Bogen am Mittelpunkte entspricht, denn aus dem bekannten Verhältnisse dieses Winkels zum ganzen Umkreise findet man das Verhältniss der Länge jenes Bogens zur Länge des Umfanges, und somit diesen Umfang selbst. Um den fraglichen Winkel leicht zu finden, verfiel man schon sehr früh auf die Idee den Bogen so zu wählen, dass er in einem Meridiane lag, wo dann der gesuchte Winkel dem Unterschiede der wie wir wissen leicht zu bestimmenden Polhöhen der Endpunkte des Bogens gleich ist. Weit grössere Schwierigkeiten machte die Messung des Bogens. Dieselbe könnte allerdings durch unmittelbare Anlegung des Massstabes gefunden werden, wie diess auch Mason in Pennsylvanien gethan hat. Da aber dieses Verfahren bei einem grossen Bogen (und kleine würden nicht die nöthige Sicherheit gewähren, um von ihnen auf den Umfang der ganzen Erde zu schliessen) äusserst beschwerlich, ja in den meisten Fällen wegen der Unebenheiten, Gewässer u. s. w. unausführbar wäre, so hat man es nach mannigfaltigen mehr oder minder unvollkommenen Versuchen, auf anderem Wege zum Ziele zu kommen, endlich vorgezogen, den Bogen durch eine Kette von Dreiecken mit einer kürzeren geraden Linie, der Basis zu verbinden, und bloss die letzte unmittelbar mit dem Massstabe zu messen, während man in den Dreiecken nur die Winkel beobachtet, was mit grosser Schärfe geschehen

kann. Der holländische Astronom Snellius führte im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts diese Art der Meridian-Vermessungen ein. Nun erst konnte man auch auf die kleinen Abweichungen der Erde von der Kugelgestalt kommen, d. h. die Unterschiede mit Bestimmtheit zu entdecken hoffen, welche in der Länge von Bogen, die zu gleichen Winkeln gehören, auf verschiedenen Theilen der Erdoberfläche bestehen.

So gross aber der Schritt auch war, den die Sache damit gemacht hatte, so bezeichnet doch erst das Auftreten des Franzosen Picard gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts, der im Auftrage der Pariser Academie bei einer ähnlichen Arbeit zuerst das Fernrohr anwendete, den Beginn derjenigen Periode, von der eine genaue Lösung der Aufgabe zu erwarten stand. Dem ungeachtet hielt man später in Folge einer neuen Vermessung unter der Leitung der ausgezeichneten Astronomen La Hire, Dom. und Jak. Cassini die Erde durch nahe vierzig Jahre, den Gesetzen der Hydrostatik so ganz widerstreitend (s. unten §. 21), für einen an den Polen zugespitzten Körper. Als man das Widersinnige dieser Annahme erkannt hatte, wurden, um alle Zweifel zu lösen, wieder von der Pariser Academie im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts zwei Commissionen erprobter Geometer, die eine nach Peru, die andere nach Lappland geschickt. Während der Abwesenheit derselben erhoben sich Streitigkeiten unter den damaligen Gelehrten über diesen Gegenstand, endigten aber nach der Rückkunft jener Reisenden mit der entschiedenen Bestätigung einer an den Polen abgeplatteten Gestalt der Erde.

Die spätere Vervollkommnung der Instrumente bewog die französische Academie im Jahre 1792 durch Méchain und Delambre einen Meridianbogen von Dünkirchen bis Montjouy bei Barcelona mit aller nur möglichen Genauigkeit messen, und diesen Bogen in den ersten Jahren unsers Jahrhunderts durch Biot und Arago bis zu der Insel Formentera, einer der Pityusen, fortsetzen zu lassen. Die Berechnungen dieser letzten Messung zwischen Montjouy und Formentera wurden den Herren Bouvard, Burckhardt und Mathieu aufgetragen, und die Resultate der ganzen Arbeit von Dünkirchen bis Formentera, einem Bogen von mehr als 12 Graden oder 180 deutschen Meilen in dem grossen Werke: „*Base du système métrique*“ veröffentlicht.

Diese Messungen wurden seither allen Bestimmungen der Grösse und Gestalt der Erde hauptsächlich zum Grunde gelegt, und nur allenfalls locale Abweichungen von den daraus folgenden Resultaten, grösstentheils durch Pendel-Beobachtungen (§. 32) ermittelt. Niemand dachte an eine Unrichtigkeit der von der französischen Commission bekannt gemachten Zahlen, bis Puissant nachwies, dass in der Berechnung des Bogens zwischen Montjouy und Formentera sich ein Fehler eingeschlichen habe. Die Academie beauftragte sofort die Herren Mathieu, Daussy und Largeteau mit einer Wiederholung jener Rechnungen, und diese so wie nach ihnen Bessel fanden, jeder auf anderem Wege, dass die Entfernung zwischen Montjouy und Formentera in der That 299515 Meter und nicht, wie die früheren Berechner angegeben hatten, 299382 Meter, somit 133 Meter mehr betrage, als man bisher geglaubt. Es liegt ausser den Grenzen dieser Zeilen, die Art des in jener Arbeit begange-

nen Fehlers näher anzuzeigen, und es genüge hier, einige Bemerkungen daran zu knüpfen.

Der Meridian-Umfang der Erde, d. h. die Länge eines durch die beiden Pole auf der Oberfläche der Erde gezogenen Kreises, wird durch jene Verbesserung 3423 Meter grösser, als aus den frühern Angaben der französischen Gradmessung gefolgt war, nämlich 40,003,423 statt 40,000,000 Meter.

So gross dieser Unterschied auf den ersten Anblick scheint, so würde man doch sehr irren, wenn man glaubte, dass desshalb die Rechnungen, bei welchen die Grösse und Gestalt der Erde in Betracht kommt, bisher bedeutend fehlerhaft waren. Der geringe Einfluss jener Aenderung nämlich auf astronomische, geodätische Bestimmungen u. dgl. erhellt schon daraus, dass dieselbe doch immer nur den zwölftausendsten Theil des gesammten Erdumfanges ausmacht, und noch mehr aus dem Umstande, dass man vorzüglich die Gestalt oder Abplattung der Erde, welche wir später (§. 21) näher besprechen werden, längst theils nach neueren Gradmessungen, theils nach Pendel-Beobachtungen verbessert hat, und damit der Wahrheit so nahe gekommen ist, dass z. B. die Entfernung Wien's vom Mittelpunkte der Erde durch jenen von Puissant aufgefundenen Fehler nur um nahe 19 Meter oder beiläufig 10 Wiener Klafter grösser wurde, als man bisher annahm, eine gegen diese Entfernung selbst, welche 6,365,587 Metern gleich kommt, fast verschwindende Grösse. Eine andere bei astronomischen Rechnungen häufig vorkommende Date, welche von der Gestalt und Grösse der Erde abhängt, ist die Abweichung der senkrechten von derjenigen Linie, die vom betrachteten Punkte der Oberfläche zum Mittelpunkte der Erde führt. Wäre die Erde nämlich eine vollkommene Kugel, so würde ein freihängendes Loth immer zugleich die Richtung zum Mittelpunkte des Erdkörpers angeben, während diess bei der wirklich Statt habenden Gestalt der Erde nicht der Fall sein kann. Der Winkel jener beiden Linien beträgt nun nach den neuen Bestimmungen, z. B. für Wien 11 Min. 26.6 Sek., während er früher zu 11 Min. 27.7 Sek., also nur $1\frac{1}{10}$ Sek. grösser angenommen wurde, eine wieder in den meisten Fällen einflusslose Grösse.

Ohne hier in andere Folgen einzugehen, welche die Auffindung jenes Fehlers, z. B. in der physischen Astronomie, wo man die Massen der Himmelskörper u. s. w. betrachtet, haben wird, sieht man schon aus dem Obigen, dass die besprochene Verbesserung der Resultate der französischen Gradmessung in dieser Beziehung nur bei den genauesten Untersuchungen zu beachten kommt, und also weit mehr wissenschaftlichen als praktischen Werth besitzt.

Nicht ganz so verhält sich die Sache in einer andern Rücksicht, welche die französische Academie bei jenen grossen Operationen mit der Ermittlung der Grösse und Gestalt der Erde verbunden hatte, wir meinen die Feststellung einer unveränderlichen, immer wieder bestimmbaren Einheit des Längenmasses, welche Absicht schon aus dem Titel des oben genannten Werkes hervorgeht. Das Wort Meter nämlich, welches auch wir in diesen wenigen Zeilen schon öfters gebraucht, hat erst seit jener Gradmessung eine bestimmte Bedeutung erhalten, indem dieses Mass als der zehnmillionste Theil des damals gefundenen Viertheils eines Erdmeridians festgesetzt, und dem neuen französischen Masssysteme zu

Grunde gelegt wurde, um so, wie man glaubte, die Haupteinheit dieses Systems, welches man auch darnach das metrische nannte, für immerwährende Zeiten zu fixiren. Mit der Aenderung des Erdumfanges musste auch diese Bestimmung eine Modification erleiden, und wir werden uns bald überzeugen, dass der Einfluss jener Aenderung viel bedeutender ist, als bei den oben betrachteten Grössen, nicht gerechnet den viel unmittelbarern Zusammenhang mit dem gemeinen Leben, der hier stattfindet.

Der grosse Astronom Bessel in Königsberg sprach sich zuerst umständlich darüber aus, dass die Vortheile eines solchen Naturmasses illusorisch seien, indem wohl im Allgemeinen der Erdkörper derselbe bleibe (obschon auch hier gewisse Veränderungen nicht unmöglich sind), aber das Bestimmen seiner Grösse von Beobachtungen und Berechnungsmethoden abhänge, somit, gleich jeder anderen Kenntniss des Menschen, Vervollkommnungen zu erwarten habe, und überdiess das Mass, bloss auf diese Weise festgestellt, im Falle es verloren ginge, nichts weniger als leicht zu reproduciren sei. Die Länge des Erdquadranten ist nämlich immer nur mit den oben berührten, oder ähnlichen sehr weitläufigen Operationen zu ermitteln, und bleibt gegenwärtig auch bei der grössten Sorgfalt in der ganzen ausgedehnten Arbeit stets auf mehrere hundert Meter unsicher. In der That hatte man theils vor und noch mehr nach der französischen Gradmessung in Preussen, Ostindien, Dänemark, Hannover, England, Russland und Schweden ähnliche Operationen ausgeführt, die zwar grösstentheils weit weniger umfassend waren, aber doch gleichen Anspruch auf Genauigkeit machten. Schmidt in Göttingen und später Bessel suchten diejenigen Dimensionen der Erde, welche allen diesen Messungen zusammen am meisten entsprächen, und somit als die wahrscheinlichsten gelten mussten. Beide Gelehrte waren dabei auf sehr merkwürdige Resultate gekommen; insbesondere fand Bessel im Jahre 1837, dass der vierte Theil eines Erdmeridians nicht 10,000,000 Meter, sondern 10,000,565 Meter betrage, wenn man dem Meter seine ursprüngliche, durch die französische Gradmessung eingeführte Länge liesse, oder dass man diese, vermeintlich für immer fixe Einheit der Längenmasse um nahe $^1/_{50}$ Linie vergrössern müsse, wenn man das früher beabsichtigte einfache Verhältniss $^1/_{10 \cdot 000 \cdot 000}$ des Meters zum Erdquadranten fortbestehen lassen wolle. Schon diess war eine mehr als hinreichende Bestätigung der Ansichten Bessel's über ein sogenanntes Naturmass, und es hätte des hier besprochenen Fehlers der französischen Gradmessung nicht bedurft, um diesen Ansichten sofort allgemeinen Eingang zu verschaffen.

Durch diesen Fehler aber wurde die Abweichung von der ursprünglich angenommenen Länge des Erdquadranten, oder von der ursprünglichen Länge des Meters, wie sich schon aus den oben mitgetheilten Zahlen ergibt, nahe auf das Doppelte oder für den Meter auf $^1/_{25}$ Linie gesteigert, eine offenbar bei nur etwas genauen Messungen schon sehr zu berücksichtigende Grösse; da sie z. B. bei der Messung einer Länge von 300 Meter bereits einen Fehler von einem ganzen Zolle bewirkt.

Sollte also nun der Werth des Meters, oder das Verhältniss desselben zum Erdquadranten geändert werden? Die Pariser Academie hatte zunächst die Antwort auf diese Frage zu geben; in der That erklärte die oben angeführte, mit der Verbesserung der frühern Rech-

nungen beauftragte Commission, dass an eine Veränderung der Grundeinheit der eingeführten Masse nicht zu denken sei, und somit ist der Meter gegenwärtig, und bis etwa eine neue Vervollkommnung unserer Kenntniss der Gestalt der Erde eintritt, als der 10.000.856ste Theil des vierten Theiles eines Erdmeridians zu betrachten, dessen ganzen Umfang man nämlich nach dem obigen jetzt zu 40.003.423 Meter erkannt hat. Zugleich deutete jene Commission darauf hin, dass eine solche Modification dem ursprünglichen Geiste des metrischen Systemes keineswegs widerspreche, sondern im Gegentheile bereits von den Stiftern desselben jenes einfache Verhältniss $^1/_{10.000.000}$ nur beiläufig aufgestellt worden sei, dass man übrigens auch jetzt noch immer den Meter als den 10.000.000sten Theil des Erdquadranten, nämlich des 1808 mit den damaligen, wenn gleich fehlerhaften Rechnungsweisen gefundenen Erdquadranten gelten lassen, und als solchen beliebig reproduciren könne. Da aber in der Einfachheit und Beständigkeit jenes Verhältnisses der ganze Vortheil der Beziehung auf die Grösse der Erde lag, und da die Verbindung des Meters mit einer imaginären, nicht in der Natur vorhandenen, sondern nur in der Rechnung basirten Grösse ohne allen Nutzen ist, so bleiben wir zur Erkennung der wahren Länge des Meters auf die Vergleichung der Grösse, welche Frankreich einen Meter nennt, mit andern bekannten Massen angewiesen, ganz wie es unsere Väter waren. So ist z. B. nach sehr genauen Messungen der Meter gleich 0.513074 Toisen oder nahe $3^1/_{10}$ Par. Fuss, und diess allein gibt uns einen klaren, und immer gleich bleibenden Begriff von der Länge eines Meters, so lange nämlich der Pariser Fuss bewahrt wird.

Die Wahrheit unverholen zu gestehen, so hatte die ganze sogenannte gelehrte Welt durch beinahe ein halbes Jahrhundert der völlig unpraktischen Idee eines Naturmasses gehuldiget, dieselbe in allen betreffenden Werken, von allen Lehrkanzeln herab, mitunter ziemlich bombastisch vorgetragen, und kurz ein treffendes Beispiel geliefert, wie anerkannten einzelnen Gelehrten oder auch gesammten Vereinen zuweilen von ganzen Generationen ohne selbstständige Ueberlegung nachgebetet werde.

Es gehört daher nicht unter die letzten Verdienste Bessel's, so unzählige er deren auch in Theorie und Praxis besitzt, uns von einem, bereits so tief gewurzelten Irrthume befreit zu haben. Er führte bei der ihm übertragenen Regulirung der Masse in Preussen sehr zweckmässig gearbeitete Stäbe ein, deren Unterschiede vom preussischen Fusse, als dem Grundmasse, genau angegeben, und die in mehrfachen Exemplaren überall im Lande deponirt wurden. Hier ist nun von einem Verlieren des Masses weiter keine Rede, da jede Copie das Original vollkommen ersetzt, und die Haupterfordernisse eines Grundmasses, dass es stets denselben Werth behalte und leicht zu reproduciren sei, sind vollkommen erreicht.

Fortan aber bleibt das Masswesen von der Lehre über die Grösse und Gestalt der Erde unabhängig, und diese Lehre hat die ihr künftig vielleicht noch bevorstehenden Phasen für sich allein durchzugehen.

Kapitel II.

Tägliche Bewegung der Erde.

§. 12. (Erscheinung der täglichen Bewegung des Himmels.) Wir haben bereits gesehen, dass der ganze Himmel mit allen seinen Gestirnen täglich einmal von Ost gegen West um unsere Erde sich bewegt. So scheint es allerdings uns Allen, daher denn auch diese Meinung nicht nur von dem gemeinen Manne, sondern auch, in den früheren Zeiten wenigstens, von den sogenannten Weisen so einstimmig angenommen wurde, dass man sie endlich, durch eine sonderbare Vermischung der Begriffe, als eine unantastbare Wahrheit zu betrachten anfing, an der zu zweifeln sogar für ein Verbrechen gehalten werden konnte.

Ehe wir aber die Richtigkeit dieser Meinung untersuchen, wird es nöthig sein, die Erscheinung selbst, welche ihr zu Grund liegt, näher zu betrachten.

Wenn sich eine Kugel um einen durch ihren Mittelpunkt gehenden Stab als um eine Axe dreht, so wird jeder Punkt der Oberfläche dieser Kugel einen Kreis beschreiben, dessen Ebene senkrecht auf dieser Axe, und dessen Mittelpunkt irgendwo in dieser Axe liegen wird. Der grösste aller dieser Kreise wird jener sein, dessen Mittelpunkt zugleich der Mittelpunkt der Kugel ist, und zu beiden Seiten dieses Kreises werden die übrigen Kreise gleichmässig immer kleiner werden, bis sie endlich in den beiden Endpunkten jener Axe verschwinden, oder bloss in zwei Punkte übergehen, die allein von allen Punkten der rotirenden Kugelfläche sich nicht bewegen. Diese beiden festen Punkte, von welchen jeder einzelne jener Kreise in allen Theilen seines Umfangs gleich weit absteht, nennt man die Pole (Einl. §. 3 und 11) jener Kreise, und jener grösste Kreis, der in der Mitte zwischen den Polen, also von beiden Polen gleich entfernt ist, heisst der Aequator (11) der Kugel, während alle übrigen kleineren Kreise Parallelkreise (24) genannt werden.

Dieses vorausgesetzt, wollen wir in irgend einer ausgedehnten Ebene an einem hellen Abend bald nach Sonnenuntergang unsere Augen zu dem Himmel erheben, und die Gegenstände betrachten, die er uns darbietet. Wir erblicken zuerst ein weites, beiläufig halbkugelförmiges Gewölbe, mit Sternen von mannigfaltiger Grösse besäet. Die stille Grösse dieses erhabenen Schauspieles erfüllt uns selbst bei wiederholter Betrachtung mit immer neuer Bewunderung und mit einer dunkeln Sehnsucht diesen Gegenständen über uns näher zu kommen, die Ursache und den Zweck dieser wunderbaren Erscheinung kennen zu lernen.

Wenn wir einzelne, besonders auffallende Gruppen dieser Gestirne länger betrachten, und ihre Lage gegen feste irdische Gegenstände, z. B. gegen Bäume oder Thürme, vergleichen, so finden wir, dass alle jene Sterne, ohne ihre gegenseitige Lage unter sich zu ändern, in einer gemeinschaftlichen Bewegung von Ost gegen West begriffen sind. Wenden wir unser Gesicht gegen den bereits bekannten Polarstern (§. 8), oder gegen Nord, so sehen wir die zur rechten Hand, auf der Ostseite, liegenden Sterne sich immer mehr über den Horizont erheben, indess jene

auf der entgegengesetzten, linken oder westlichen Seite, immer tiefer herabsinken, und, wenigstens die von dem Polarsterne entfernten Gestirne, zuletzt ganz verschwinden, während zu gleicher Zeit im Osten wieder andere Sterne gleichsam aus der Erde heraufsteigen, um sich sofort den übrigen beizugesellen und gleich ihnen ihre Bewegung von Ost nach West fortzusetzen.

Eine geringe Aufmerksamkeit wird genügen um zu zeigen, dass die Bahnen, welche diese Gestirne am Himmel beschreiben, alle kreisförmig sind. Von den, dem Polarsterne nahen Gestirnen, kann man die ganzen von ihnen beschriebenen Kreise in allen ihren Theilen übersehen, da sich diese Sterne immer über dem Horizonte befinden, und ohne auf- und unterzugehen (Einl. §. 24. *IV.*) täglich ihre kreisförmige Bahn um einen festen Punkt, der dem Polarstern sehr nahe ist, zurücklegen. So sieht man z. B. von dem oben erwähnten Sternbilde des Wagens zur Zeit, wo es senkrecht unter dem Polarsterne steht, die Deichsel nahe horizontal und gegen West gerichtet. Nach sechs Stunden aber steht der Wagen östlich in gleicher Höhe mit dem Polarsterne, und die Deichsel senkrecht abwärts. Nach sechs weiteren Stunden ist der Wagen senkrecht über diesem Sterne, und die horizontale Deichsel richtet sich nach Osten. Nach neuen sechs Stunden steht der Wagen wieder westlich vom Polarstern, und seine Deichsel erscheint senkrecht aufwärts gestellt, bis endlich, wenn volle vier und zwanzig Stunden seit dem ersten Zeitpunkte verflossen sind, das ganze Gestirn wieder seine erste Lage unter dem Polarsterne einnimmt. Während dieser Zeit hat jedes einzelne Gestirn dieses Sternbildes seinen ganzen Kreis um jenen festen Punkt, um den Pol des Himmels, zurückgelegt, und dieser Kreis ist in demselben Verhältnisse grösser, in welchem die Entfernung des Gestirns von jenem festen Punkte wächst.

Wenn diese Entfernung noch weiter zunimmt, und endlich grösser wird, als die Höhe des Polarsterns über unserem Horizonte, so werden uns die unteren Theile dieser Kreise von dem Horizont bedeckt, und daher für uns unsichtbar. Allein wir haben bereits oben (§. 8) bemerkt, dass man nur von Süd nach Nord reisen darf, um den Polarstern immer in einer grösseren Höhe zu erblicken, so dass also für die nördlicheren Gegenden unserer Erde immer mehr Sterne in allen Punkten ihrer Bahn sichtbar bleiben, zum Beweise, dass auch diejenigen Sterne, welche für südlichere Gegenden nur in den oberen Theilen ihres Kreises sichtbar sind, den unteren Theil desselben, der von unserer Erde verdeckt wird, unter dem Horizont zurücklegen. Könnte man, wie Parry, **Ross** und andere in unseren Tagen versuchten, so weit gegen Norden vordringen, dass der Polarstern endlich senkrecht über uns oder in unserem Zenithe stünde, so würden wir alle Sterne des uns dort sichtbaren Himmels ohne Ausnahme ganze Kreise beschreiben sehen, da sie dort sämmtlich dem Horizont parallel, und immer grösser sein würden, je näher sie dem Horizont selbst kommen. Dagegen wird, wenn wir, statt wie bisher gegen Norden, immer weiter nach Süden reisen, der Polarstern, auf unserer Rückseite, immer tiefer zu unserem Horizont herabsinken, während dafür andere, bisher ungesehene Sterne im Süden sichtbar werden, und die Kreise aller südlichen Sterne werden jetzt immer höher steigen, so dass von ihrem unteren Theile immer kleinere Bogen von dem Horizonte bedeckt werden. Rücken wir so weit auf unserer

südlichen Reise vor, dass endlich der Polarstern hinter uns den Horizont erreicht und uns unsichtbar wird, so stehen jetzt die Kreise aller Sterne, deren Ebene bisher gegen Norden geneigt war, senkrecht auf unserem Horizonte, und wir sehen von jedem derselben genau die eine Hälfte über der Erde, während die andere Hälfte unter der Erde, und daher für uns unsichtbar ist. In dieser Lage ist derjenige Kreis, der gerade über uns steht, d. h. der durch unser Zenith oder durch unseren Scheitelpunkt geht, der grösste von allen, und zu beiden Seiten dieses grössten Kreises werden alle übrigen gleichmässig immer kleiner, bis sie endlich in zwei einander entgegengesetzten Punkten des Horizonts gänzlich verschwinden. Diese zwei Punkte sind zugleich die einzig unbeweglichen Punkte des Himmels, von welchen der eine, wie bereits oben erwähnt, der Nordpol, und der andere, ihm entgegengesetzte, der Südpol des Himmels heisst, während der erwähnte, durch unser Zenith gehende, oder der grösste aller Parallelkreise, der Aequator des Himmels genannt wird (Einl. §. 11).

Setzt man endlich diese Reise in südlicher Richtung noch weiter fort, so erhebt sich auch der früher ganz unsichtbare Südpol immer mehr über die Erde, und die ihn zunächst umgebenden Sternenkreise befreien sich immer mehr von dem Horizonte, und kurz dieselben Erscheinungen, die wir oben auf der Reise nach Norden an den nördlichen Sternen bemerkten, kommen jetzt in derselben Ordnung an den südlichen wieder, bis wir endlich dahin gelangen, wo der Südpol gerade über uns steht, und alle Sternenkreise wieder mit unserem gegenwärtigen Horizonte parallel stehen. Zugleich werden wir bemerken, dass alle die Sterne, welche wir jetzt unter dem Südpole sehen, durchaus von denjenigen verschieden sind, welche wir früher unter dem Nordpole erblickten, oder dass wir hier die südliche, und dort die nördliche Halbkugel des Himmels gesehen haben.

Das Vorhergehende zeigt, dass der kugelförmige Himmel mit allen seinen Gestirnen sich täglich von Ost gegen West um eine gerade Linie als um eine Axe dreht, welche durch die beiden erwähnten festen Punkte desselben, durch den Nord- und Südpol des Himmels, geht. Da aber diese beiden Pole, wie wir gesehen haben, einander gerade gegenüber stehen, und da wir überdiess unsere ebenfalls kugelförmige Erde genau in dem Mittelpunkt jener Himmelskugel voraussetzen, so wird auch jene Axe durch den Mittelpunkt der Erde gehen, und die Oberfläche derselben ebenfalls in zwei Punkten treffen, welche der Nord- und Südpol der Erde genannt werden (Einl. §. 2, 11). Ganz ebenso wird auch der himmlische Aequator oder die Ebene jenes grössten Kreises, in welchem die Sterne sich bewegen, welche von den beiden Polen gleichweit entfernt sind, die Oberfläche der Erde in einem Kreise, dem irdischen Aequator (Einl. §. 11), schneiden, wie denn überhaupt alle grösste oder durch den Mittelpunkt gehende Kreise des Himmels auch durch den Mittelpunkt der Erde gehen, und die Oberfläche der letztern wieder in Kreisen schneiden werden, die wir, zum Unterschiede von jenen, die gleichnamigen irdischen (Einl. §. 2) Kreise heissen.

§. 13. (Aeussere Wahrscheinlichkeit der Bewegung des Himmels.) Diese Erklärung der beobachteten täglichen Bewegung der Gestirne, durch eine Rotation des Himmels um eine fixe, durch den Mittelpunkt der Erde gehende

Axe, ist so einfach und der Sache selbst so angemessen, dass sie für eine unmittelbare Bezeichnung der Erscheinung selbst, oder gleichsam nur für einen andern Ausdruck derselben angesehen werden kann. Auch werden dadurch alle einzelnen Umstände des ganzen Phänomens so genau dargestellt, dass man an der Richtigkeit der Erklärung selbst nicht leicht zweifeln kann.

Dessenungeachtet wird es vielleicht nicht ganz überflüssig erscheinen, auch hier auf unserer Hut zu sein. Wir wissen bereits, welchen Täuschungen unsere Sinne und welchen oft noch viel grösseren Irrthümern die Schlüsse unterworfen sind, die wir auf die Eindrücke dieser Sinne zu bauen pflegen. Auch haben wir an dieser unserer Erde selbst bereits gelernt, uns vor solchen Täuschungen zu bewahren, da sie uns Allen eben so unbezweifelt als eine Ebene erschien, und demungeachtet, wie wir gesehen haben, eine ganz andere Gestalt hat.

Wir müssen daher, ehe wir weiter gehen, zusehen, ob sich von derselben Erscheinung, von der täglichen Bewegung der Gestirne um die Erde, nicht noch eine andere Erklärung, eine andere Hypothese aufstellen lasse, die vielleicht die Sache eben so genau darstellt, wie jene. Wenn wir eine solche finden sollten, so wird es dann darauf ankommen, die inneren Gründe beider Hypothesen abzuwägen, und dadurch vielleicht zu entscheiden, welche von ihnen auf der Seite der Wahrheit liegt.

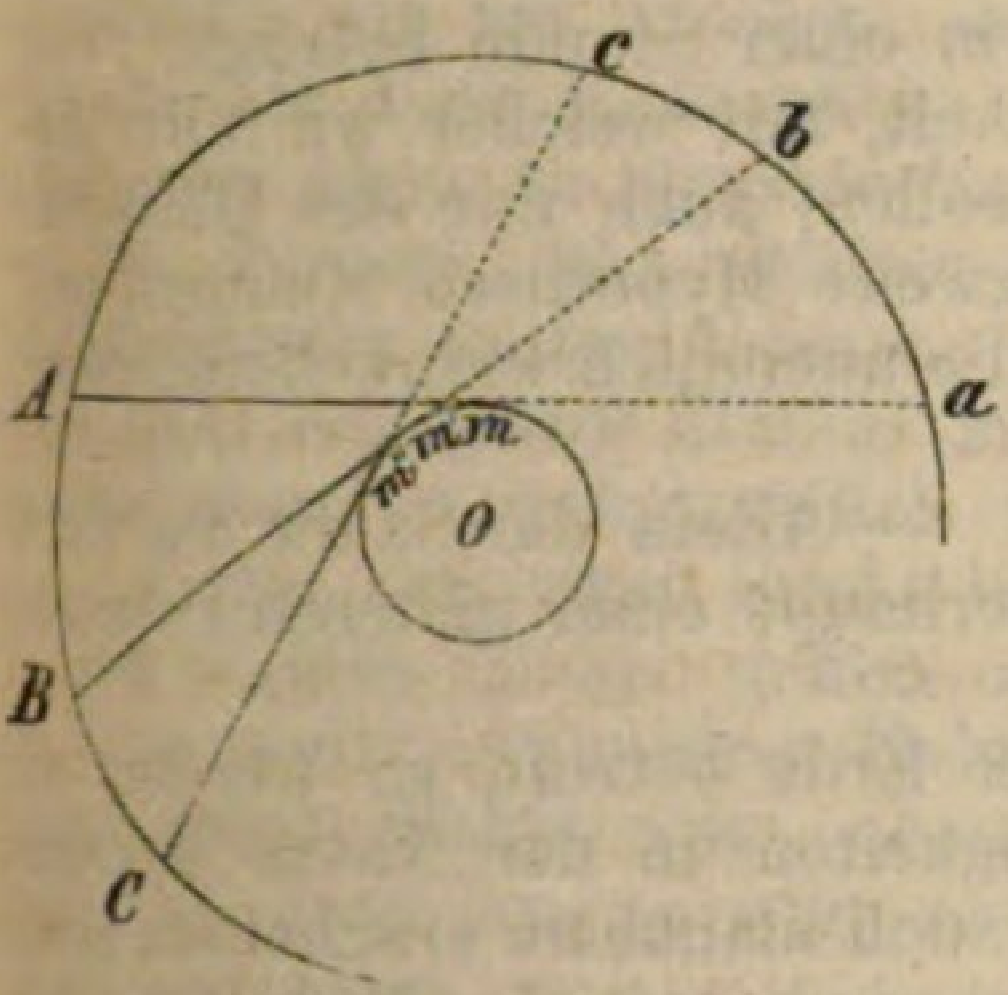
§. 14. (Tägliche Rotation der Erde.) Wir haben bisher angenommen, der Himmel drehe sich täglich von Ost gegen West um die in seinem Mittelpunkte ruhende Erde. Wie aber, wenn wir den Himmel in Ruhe lassen, und dafür die Erde, aber in entgegengesetzter Richtung, in Bewegung setzen? Wie, wenn wir annehmen wollten, die Erde drehe sich täglich von West gegen Ost um die durch ihren Mittelpunkt gehende Axe, während der sie ringsum concentrisch umgebende Himmel in völliger Ruhe bleibt.

§. 15. (Erklärung jener Erscheinungen durch die Rotation der Erde.) So sonderbar diese Meinung auch auf den ersten Blick erscheinen mag, so kann man doch nicht läugnen, dass durch sie jene Erscheinung ganz eben so gut und vollständig erklärt wird, als durch die vorhergehende. Die Sterne, so sagten wir und so scheint es uns in der That, steigen bei ihrem Aufgange an der Ostseite des Himmels über unserem festen Horizont herauf und nähern sich demselben wieder bei ihrem Untergange auf der Westseite, wo sie immer tiefer sinken und endlich ganz verschwinden. — Allein diese ganze Erscheinung, mit allen sie begleitenden und oben bereits erwähnten Umständen, wird auch eben so gut statthaben, wenn die Sterne des Himmels alle ruhig stehen bleiben, und wenn dafür die Erde in einer entgegengesetzten Richtung, oder von West gegen Ost sich um ihre Axe dreht. Dann wird nämlich auch der Beobachter, wenn er sonst seinen Ort auf der Erde nicht ändert, sich mit derselben nach Osten bewegen, und da der Horizont (Einl. §. 8) eines jeden Beobachters immer durch den Fusspunkt desselben geht, so wird auch dieser Horizont, der in der ersten Hypothese fest war, jetzt beweglich sein, und sich mit dem Beobachter und mit der ganzen Erde selbst von West nach Ost drehen müssen.

Sei O (Fig. 6) der Mittelpunkt der Erde $mm'm''$ und $CBAabc$ der sie umgebende Himmel; bewegt sich der Himmel von Ost nach West in

der Richtung *CAc* um die ruhende Erde, so sieht der ruhende Beobachter *m* über seinen festen Horizont *Aa* diejenigen Sterne des Himmels, welche bei *A* stehen, aufgehen, während ihm die bei *a* eben untergehen. Nach einiger Zeit hat sich der Himmel von der linken zur rechten Hand gedreht, so dass der Punkt *B* nach *A* gestiegen und der Punkt *b* nach *a* gefallen ist, und dass daher für den Beobachter in *m* jetzt diejenigen Sterne aufgehen, welche bei *B* stehen, und dafür die bei *b*, welche vorhin noch in beträchtlicher Höhe über dem Horizont standen, untergehen. Bald darauf werden die Sterne bei *C* auf-, die bei *c* untergehen u. s. w. — Bewegt sich aber die Erde von West nach Ost in der Richtung *mm'm''*, so dreht sich mit ihr auch der Beobachter sowohl, als sein Horizont, da der letzte immer durch den Fusspunkt des Beobachters geht und in diesem Fusspunkte die Oberfläche der Erde berührt. Denkt man sich diesen Horizont bis an die Oberfläche des Himmels erweitert, so wird er, wenn der Beobachter in *m* ist, durch den Punkt *A* und *a* des Himmels gehen, oder die Sterne bei *A* werden ihm aufzugehen, jene bei *a* aber unterzugehen scheinen. Nach einiger Zeit hat sich die Erde, und mit ihr der Beobachter, von *m* nach *m'* gedreht, und der Horizont des Beobachters wird jetzt die Lage *Bb* annehmen. Der Horizont wird sich also in der Zwischenzeit auf der Ostseite von *A* nach *B* entfernt, und die Sterne bei *A*, die uns vorhin eben aufzugehen schienen, werden nun schon hoch über dem östlichen Horizonte *m'B* stehen, während die Sterne bei *a*, die vorhin untergingen, jetzt schon tief unter dem neuen westlichen Horizont *m'b* stehen und unsichtbar sind, indess die Sterne bei *b*, die vorhin noch beträchtlich hoch standen, eben untergehen. Bald darauf kommt der Beobachter mit seiner beweglichen Erde nach *m''* und sein Horizont nach *Cc*, wo ihm dann die Sterne bei *C* auf- und jene bei *c* untergehen etc. — So wie also dort der Himmel sich um den festen Horizont von Ost nach West bewegte, so bewegt sich hier der veränderliche Horizont von West nach Ost an dem festen Himmel, und so wie dort die sichtbaren Sterne von dem festen östlichen Horizonte sich entfernen oder höher steigen und dem westlichen sich nähern, so entfernt sich hier der bewegliche östliche Horizont von seinen Sternen, die daher auch zu steigen scheinen, während sich der westliche Horizont den auf der Westseite liegenden Sternen nähert, und sie dadurch ihrem Untergange immer näher bringt.

Fig. 6.



Beide Hypothesen stellen also die Erscheinung, die dadurch erklärt werden soll, gleich gut und vollständig dar, und so lange es bloss um diese Darstellung der äusseren Erscheinung zu thun ist, so hängt auch die Wahl zwischen beiden bloss von unserer Willkür ab, da keine derselben einen Vorzug vor der andern hat, und nichts in ihnen selbst liegt, was uns zu der Annahme der einen oder der andern vorzugsweise bestimmen könnte.

§. 16. (Innere Wahrscheinlichkeit der Rotation der Erde. Aus der Geschwindigkeit.) Allein, verhält es sich ebenso mit den inneren Wahrscheinlichkeiten dieser beiden Voraussetzungen? — Dort bewegt sich der Himmel, während wir in gemächlicher Ruhe stille sitzend zusehen: hier aber lassen wir den Himmel ruhen, während wir mit unserer Kugel uns um uns selbst drehen, und zwar mit einer in der That sehr grossen Geschwindigkeit, die unter dem Aequator volle 225 Meilen in einer Stunde beträgt. Wer von uns hat aber von dieser Geschwindigkeit, mit welcher wir alle täglich um den Mittelpunkt der Erde fahren sollen, auch nur das Geringste bemerkt? Wer wird also auch für diese zweite Hypothese stimmen und nicht auf den ersten Blick die andere für die unendlich wahrscheinlichere, für die allein wahre erklären?

Auf den ersten Blick allerdings. — Allein die Sache ist doch wohl auch eines zweiten Blickes und überhaupt einer näheren Betrachtung werth.

Was zuerst diese Geschwindigkeit der Erde betrifft, so werden wir bald mit noch viel grösseren Geschwindigkeiten in der Natur bekannt werden, gegen welche diese, so gross sie auch manchem erscheinen mag, beinahe gänzlich verschwindet. Diese Geschwindigkeit der Erde ist eben nicht viel grösser, als die des Schalles, der nach den neuesten Versuchen in einer Minute 2.724 Meilen zurücklegt, während ein Punkt des Aequators der Erde in dieser Zeit durch 3.7 M. geht. Ja weiter vom Aequator wird diese Geschwindigkeit der Erde noch beträchtlich kleiner, weil die Parallelkreise der Erde, in deren Ebene jene Bewegung der Erde vor sich geht, in grösseren Entfernungen von dem Aequator, wie wir oben gesehen haben, ebenfalls immer kleiner werden (Einl. §. 24). So bewegt sich Wien, welche Stadt in dem Parallelkreise liegt, dessen Breite 48 Grade beträgt (§. 23), in einer Minute durch 2.5 M., Petersburg aber in der Breite von 60 Graden nur durch 1.9 M., und noch näher bei den beiden Polen der Erde wird endlich diese Bewegung so klein, dass man sie beinahe für eine absolute Ruhe halten kann.

Welche ganz andere Geschwindigkeiten aber werden wir erhalten, wenn wir, gar zu sehr auf die Ruhe unserer Erde bedacht, dafür den ganzen Himmel um sie in Bewegung setzen wollen. Der Mond z. B. ist, wie wir später sehen werden, nahe 52000 Meilen von dem Mittelpunkte der Erde entfernt, also müsste er, wenn er seine Bahn um die Erde von 326730 Meilen in 24 Stunden vollendet, in jeder Minute 227 Meilen zurücklegen, also über sechzigmal geschwinder gehen, als jener schnellste Punkt des Erdäquators. Die Sonne aber, welche gegen 21 Millionen Meilen von der Erde entfernt ist, müsste in jeder Minute 90000 Meilen zurücklegen, also über 24000 Mal geschwinder gehen, als jene Punkte der Erde. Und damit sind wir noch lange nicht an der Grenze dieser Geschwindigkeiten angekommen, da es Körper des Himmels gibt, deren Entfernung von der Erde, wie wir bald sehen werden, so gross ist, dass selbst diese ungeheure Distanz der Sonne von 21 Millionen Meilen als ein blosser Punkt dagegen verschwindet. Mit welcher entsetzlichen, mit welcher unbegreiflichen Geschwindigkeit müssten diese Körper um unsere Erde geschleudert werden, und man bemerke wohl, zu welchem Zwecke müssten sie es? — Um uns in unserer Ruhe nicht zu stören. Als ob sie alle nur unsertwegen und um unserer Bequemlichkeit willen da sein sollten!

§. 17. (Aus der Grösse der übrigen Weltkörper.) Nicht minder unbillig, ja unbescheiden wird uns diese Voraussetzung einer ruhenden Erde erscheinen, wenn wir bedenken, welche Massen wir dafür in Bewegung setzen wollen. Die Sonne ist so gross, dass man aus ihr gegen 1500000 solcher Kugeln wie unsere Erde formen könnte, und doch soll dieser ungeheure Körper sich um einen 1½ Millionen Mal kleineren bewegen, und zwar, wie wir gesehen, mit einer 24000 Mal grösseren Geschwindigkeit, als diese Erde selbst sich drehen müsste. Und wie viele Tausende von eben so grossen und wohl noch grösseren Körpern finden wir am Himmel, von welchen allen dieselbe höchst unwahrscheinliche Voraussetzung gelten müsste: dass das Grosse sich um das viel Kleinere, dass der ganze Himmel mit allen seinen zahllosen Gestirnen, deren Grösse eben so unbegreiflich ist als ihre Entfernung, sich um diese kleine Kugel, um einen Punkt bewegen soll, der gegen das übrige Weltall als ein wahres Nichts gelten muss, und diess alles bloss darum, weil wir uns nicht in unserer Ruhe stören lassen wollen, und weil dieser Punkt unser Wohnort ist, dessen Existenz den Bewohnern jener unzähligen und von ihm so weit entfernten Himmelskörper nicht einmal bekannt sein mag.

§. 18. (Aus der Gleichförmigkeit der Bewegung so vieler Himmelskörper.) Und welcher Art ist diese Bewegung, in welcher wir alle diese Körper um unsere Erde führen wollen? — Eine ganz gleichförmige. Alle, die kleinen wie die grossen, die nahen wie die fernen, alle sollen sich genau in derselben Zeit, in vier und zwanzig Stunden, um uns bewegen. Welches auch die unbegreifliche Kraft der Erde sein mag so unglaubliche Erscheinungen hervorzubringen, so müsste sie doch, den Gesetzen der Mechanik gemäss, auf die ihr näheren Körper anders wirken als auf die entfernten, während sie im Gegentheile hier alle gleich betheilt, und auf den uns nahen Mond nicht anders als auf die Billionenmal weiter entfernten Fixsterne wirkt. Alle, ohne Ausnahme, werden von dieser Kraft mit einer Regelmässigkeit in dem Weltraume fortgeführt, dass auch nicht einer derselben eine Sekunde zu früh oder zu spät kommt, als ob ihre ganze Bestimmung nur die wäre, unsere Uhren zu reguliren, und uns das alle Nächte wiederkommende Schauspiel ihrer einförmigen Procession aufzuführen.

§. 19. (Aus dem Mangel des Mittelpunkts dieser Bewegung.) Ja, diese abenteuerliche Kraft der Erde zugegeben, wo sollen wir den eigentlichen Sitz derselben aufsuchen? Doch wohl in dieser Erde selbst und zwar in dem Mittelpunkte derselben. — Aber die tägliche Rotation des Himmels geht ja nicht eigentlich um den Mittelpunkt der Erde, sondern, wie wir gesehen haben, um die Axe derselben, oder sie geht in parallelen Kreisen vor sich, deren Mittelpunkte alle in dieser Axe (§. 24), in einer geraden Linie liegen, von welcher nur der kleinste Theil mit der Erde selbst zusammenfällt, während die beiden übrigen Seiten derselben sich bis an den endlosen Himmelsraum erstrecken. Die Kraft, welche jeden Stern in seinem Parallelkreise treibt, muss doch wohl in dem Mittelpunkte dieses Kreises liegen. Allein dieser Mittelpunkt ist bei den meisten Sternen ganz ausser der Erde und in einer Entfernung von ihr, gegen die sie selbst als ein blosser Punkt anzusehen ist. Dieser Mittelpunkt des Kreises, dieser Sitz jener sonderbaren Kraft ist also ein bloss imaginärer, ein ganz leerer Punkt im Weltraume. Und da sich, wie wir

gesehen haben, diese Sterne immer langsamer bewegen, je näher sie den beiden Polen kommen, so fordert auch jeder von ihnen eine eigene, immer abnehmende Kraft, und der Sitz aller dieser so äusserst verschiedenen Kräfte, zu beiden Seiten der Erde, in's Unendliche hin, ist eine eingebildete, durch nichts bezeichnete, gerade Linie! — Solchen Unwahrscheinlichkeiten, solchen Widersprüchen müssten wir uns aussetzen, um unsere eigene, so theuer gewordene Ruhe zu retten. Denn wie wir uns entschliessen anzunehmen, dass wir es sind, die wir uns, sammt unserer Erde, täglich um ihre Axe bewegen, so fallen sofort alle jene, früher so unlösbaren Einwürfe weg, und das ganze, erst so räthselhafte Phänomen steht nun in seiner Ursache rein und klar vor unseren Augen. Wenn wir daher nicht wieder zu dem krystallenen Himmel der Alten unsere Zuflucht nehmen und mit ihnen voraussetzen wollen, dass alle Gestirne an einer soliden Kugelschale, wie Diamantnägel an einem schwarzen Sammtgewölbe, befestigt sind, eine Annahme, die mit allen unseren Beobachtungen über die Entfernung der Himmelskörper im directen Widerspruche steht, und die wir auch schon wegen der beweglichen Gestirne, die wir bald näher kennen lernen werden, als ganz unzulässig von uns weisen müssen, — wenn wir, sage ich, noch Sinn für Wahrheit und für Ueberzeugung durch Vernunftgründe haben wollen, so bleibt nichts übrig als die Hypothese von der Ruhe der Erde für unstatthaft zu erklären, und dafür jene andere Voraussetzung, von der täglichen Bewegung derselben um ihre Axe, als die einzig wahre anzuerkennen.

Wenn aber das Vorhergehende nur von der Unzulässigkeit der Ruhe der Erde zeugt, also gleichsam als ein negativer Beweis für die Bewegung derselben anzunehmen ist, so fehlt es uns demungeachtet auch nicht an unmittelbaren, positiven Beweisen derselben, und diese sind es, die wir hier noch näher betrachten wollen.

§. 20. (Beweise für die Rotation der Erde. I. Fall der Körper von grösseren Höhen.) Es ist allgemein bekannt (Einl. §. 8. *I.*), dass alle Körper, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, senkrecht auf die Oberfläche der Erde, oder in der Richtung gegen den Mittelpunkt derselben herabfallen. Für geringe Höhen, z. B. fünfzig oder hundert Fuss, ist diess auch in der That den Erfahrungen oder den darüber angestellten Beobachtungen vollkommen gemäss, wie es auch nach den ersten Grundsätzen der Mechanik sein muss, wenn die Erde keine Rotation um sich selbst hat. Allein bei einer um ihre Axe rotirenden Erde wird diess nicht mehr der Fall sein. In der That hat man auch diese Beobachtungen, so lange man sie nicht mit der gehörigen Schärfe anstellte, als einen directen Einwurf gegen die Umdrehung der Erde angesehen, und selbst Riccioli und Tycho liessen sich zu diesem Fehlschlusse verleiten. Sie meinten nämlich, dass ein z. B. von der Spitze eines Thurmes fallender Stein, bei einer gegen Ost rotirenden Erde, nicht mehr an dem Fusse des Thurmes oder senkrecht unter seinem Abgangspunkte, sondern dass er westlich vom Thurme zur Erde fallen müsste, weil der Thurm während des Falles des Steines durch die Bewegung der Erde weiter gegen Ost vorgerückt wäre. Da aber dieses den bisher darüber angestellten Erfahrungen entgegen war, so hielt man, eben durch diese Erfahrungen, die Umdrehung der Erde als vollkommen widerlegt. Mersenne u. a. stellten darüber eigene Versuche mit Kugeln an, welche sie aus senkrecht

in die Erde gegrabenen Kanonen in die Höhe steigen liessen. Allein Experimente dieser Art können keine Genauigkeit gewähren, da die Kugel nicht in allen Punkten der Kanonenröhre gleich fest anliegt. Auch entsprachen die Resultate derselben keineswegs den gehegten Erwartungen, indem einige dieser Kugeln weit südwestlich, die anderen noch weiter östlich an der Mündung niederfielen, und einige derselben gar nicht mehr gefunden werden konnten.

Erst Newton hat von dieser Sache, wie von so vielen anderen, die richtigen Begriffe aufgestellt, und selbst dieser grosse Mann erkannte sie, wenigstens anfangs, nicht ganz in ihrem wahren Lichte. Es war am 28. November 1679, wo er an Hooke, Secretär der k. Societät der Wissenschaften in London, schrieb, dass er ein Mittel gefunden habe, die Umdrehung der Erde durch unmittelbare Beobachtungen, deren man bisher entbehrt hatte, zu beweisen, und er schlug zu diesem Zwecke die Beobachtungen des Falles kleiner und sehr dichter Körper aus sehr beträchtlichen Höhen z. B. von der Spitze eines Thurmes vor. Hat die Erde, setzte er hinzu, keine Bewegung um sich selbst, so werden jene Körper in einer senkrechten Linie zur Erde fallen. Hat sie aber, wie man bisher aus anderen Gründen mit Recht voraussetzte, eine solche Bewegung gegen Osten, so muss der fallende Körper am Ende seines Falles eine Abweichung von der senkrechten Linie, und zwar gegen Osten (nicht, wie man früher glaubte, gegen Westen) zeigen. Wenn nämlich die Erde sich um ihre Axe dreht, so müssen auch alle zur Erde gehörigen Körper, also auch die Luft, die sie umgibt, und der Stein, den wir aus der Hand fallen lassen, an dieser Umdrehung der Erde Theil nehmen, so dass also der Stein während seines Falles eben die Bewegung nach Osten haben wird wie die Thurmspitze, von welcher er gefallen ist. Diese Spitze hat aber eine schnellere Bewegung nach Osten als der Fuss des Thurmes, weil sie in grösserer Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde ist, also auch einen grösseren Kreis um denselben beschreibt als der dem Mittelpunkte nähere Fuss des Thurmes. Da der Stein diese schnellere Bewegung nach Osten während seines Falles beibehält, so wird er auch, wenn er die Erde erreicht, einen grösseren Weg nach Osten zurückgelegt haben als der Fuss des Thurmes, und daher östlich von diesem Fusse niederfallen.

Die königliche Gesellschaft, welcher Newton's Schreiben vorgelegt wurde, setzte einen grossen Werth auf die darin vorgetragenen Ideen und trug ihrem Secretär auf darüber unmittelbare Experimente anzustellen. Hooke war nicht nur ein Mann von ausgezeichnetem mathematischen Talente sondern auch ein ganz vorzüglicher Beobachter, daher es ihm auch gleich bei der ersten Betrachtung des Gegenstandes, dessen Ausführung ihm überlassen war, nicht entging, dass Newton's Darstellung nicht vollständig sei und dass, wenn die Erde in der That rotire, der Stein nicht bloss eine Ausweichung gegen Osten sondern auch, wenigstens ausser dem Aequator, noch eine, obschon geringe, Ablenkung gegen Süden zeigen müsse.

Newton bezeugte sofort die Richtigkeit dieser Bemerkung in seiner Antwort an Hooke und bemerkte zugleich, dass, wie seine weiteren Rechnungen über diesen Gegenstand zeigen, die Bahn des fallenden Körpers bei der rotirenden Erde eine Spirale sei. Allein auch diese Erweiterung fand Hooke unrichtig, indem er aus seinen mit grosser

Umsicht angestellten Rechnungen folgerte, dass jene Bahn des fallenden Körpers im freien Raume eine Ellipse ist. Diese Bemerkung kann für uns in doppelter Rücksicht interessant sein, weil sie es war, die Newton später auf die Entdeckung der allgemeinen Schwere leitete, und weil wir daraus zu unserem Troste lernen mögen, dass auch Männer dieser Art zuweilen fehlen können.

Hooke's Versuche führten übrigens zu keinem entscheidenden Resultate, weil er seine Fallhöhen viel zu gering genommen hatte. Im Jahr 1791 wiederholte Gulielmini dieselben Versuche auf dem Thurme Asinelli in Bologna, der eine Fallhöhe von 241 Fuss darbot; allein auch diese Versuche gelangen nicht, weil der Luftzug im Innern des Thurmes einen störenden Einfluss darauf hatte. Eigentlich war ein solcher Beweis überflüssig, da die Sache bereits über alle Zweifel erhoben war und da man, wie wir bald sehen werden, andere, nicht minder directe Versuche, die als vollkommen genügend gelten konnten, schon früher angestellt hatte.

Dessenungeachtet übernahm es noch Benzenberg im Jahr 1802, dasselbe Experiment auf dem Michaelisthurme in Hamburg und in dem Kohlenschachte zu Schlebbusch, in der Grafschaft Mark, zu wiederholen. Er fand, an dem ersten dieser Orte, bei einer Fallhöhe von 235 Fuss eine östliche Ausweichung von 4 Par. Linien, und an dem zweiten bei einer Fallhöhe von 260 Fuss eine Ablenkung von nahe 5 Linien nach Osten, welche beide Resultate nahe genug mit der darüber aufgestellten Theorie übereinstimmten. Nach dieser sollte z. B. in Hamburg die östliche Ausweichung 3.9 Par. Linien, also nur etwa 0.1 Linie weniger betragen als die Beobachtung gab. Die oben erwähnte südliche Ablenkung ist, jener Theorie zufolge, für eine Fallhöhe von 235 Fuss nur 0.0005 einer Linie, also ganz unmerklich, wie denn auch Benzenberg keine solche Ausweichung gegen Süden gefunden hat. Für grössere Fallhöhen würden jene östlichen Ablenkungen viel beträchtlicher sein. So wäre z. B. für eine Fallhöhe von 10000 Fuss, die nahe der Höhe des Aetna gleich ist, die Ablenkung gegen Osten volle 1076 Par. Linien, oder 7 Fuss 5 Zoll 8 Linien, während auch hier die südliche Ausweichung noch sehr klein sein und nur 0.88 Linien betragen würde.

§. 21. (II. Abplattung der Erde.) Sollte aber diese Umdrehung der Erde um ihre Axe, die doch so schnell ist, dass jeder Punkt des Aequators in nahe 16 Sekunden schon eine deutsche Meile zurücklegt, nicht irgendwo auf der Oberfläche derselben Spuren hinterlassen, an welchen man sie erkennen, und von welchen man daher als von beobachteten Wirkungen auf die Ursache derselben, auf die Rotation der Erde selbst wieder zurückschliessen könnte? — Es ist bekannt, dass, wenn ein Körper schnell in der Peripherie eines Kreises herumgetrieben wird, alle Theile desselben ein Bestreben äussern sich von dem Mittelpunkte desselben zu entfernen. Dieses Bestreben, das man die Schwungkraft, oder die Centrifugalkraft der rotirenden Körper genannt hat, diese Kraft ist es, welche das Band einer geschwungenen Schleuder spannt und den Stein in derselben zurückhält, so dass er, selbst wenn er in seinem Schwunge senkrecht über uns und ohne Unterstützung ist, nicht zur Erde herabfallen kann. Wenn wir eine an einem Faden befestigte Kugel schnell im Kreise herumführen, so wird der Faden dadurch gespannt und endlich sogar zerrissen, wenn die Bewegung der Kugel zu

schnell wird. Wenn wir einen zum Theil mit Wasser gefüllten Eimer an eine verticale Schnur hängen, so steht, so lange der Eimer in Ruhe bleibt, die Oberfläche des Wassers in demselben vollkommen horizontal. Sobald aber der Eimer um seine immer verticale Schnur als um eine Axe gedreht wird, erhebt sich das Wasser, da es wegen der entgegenstehenden Wände des Gefässes nicht entfliehen kann, an den Wänden des Eimers immer mehr je schneller die Bewegung wird, während die früher horizontale Oberfläche desselben in seiner Mitte sich vertieft und concav wird. Eine sehr schnelle Bewegung des Eimers um seine Schnur wird endlich alles Wasser über die Wände des Eimers heraustreiben und denselben ganz trocken machen. Bringt man an die Stelle des Eimers eine ebene, mit Sand bedeckte, horizontale Scheibe, die an der verticalen Schnur befestigt ist, und dreht man die Scheibe schnell um die Schnur, so wird der auf ihr liegende Sand sofort in Bewegung kommen, sich immer weiter von der Schnur, d. h. vom Mittelpunkte der Scheibe entfernen, und endlich ganz von ihr wegfliegen. — Wenn man einen kreisrunden, elastischen Ring an einen Stift steckt, der in der Ebene dieses Ringes durch den Mittelpunkt desselben geht, und wenn man dann den Ring schnell um den Stift als um seine Axe dreht, so wird der anfangs kreisförmige Ring sogleich eine ovale oder elliptische Gestalt annehmen, indem diejenigen Theile desselben, die am weitesten von dem Stifte abstehen also die schnellste Drehung erleiden, sich auch am meisten von der Drehungsaxe zu entfernen streben, während die dem Stifte näheren Theile wegen ihrer geringeren Bewegung, auch dieses Bestreben sich von ihm zu entfernen in einem geringeren Masse äussern, bis endlich die beiden Pole des Ringes, durch welche die Axe geht, und die gar keine Bewegung erleiden, auch von jener Kraft nicht weiter afficirt werden. Ebenso wenn man eine weiche Kugel von nassem Thone auf die Töpferscheibe bringt und die Scheibe rasch umdreht, so sinkt sofort der höchste Punkt, der eine Pol der rotirenden Kugel näher zur Scheibe, oder zu dem Mittelpunkte der Kugel, während die Theile derselben um den Aequator sich immer mehr aufblähen und von dem Mittelpunkte sich entfernen, so dass endlich die Kugel die Gestalt einer Pomeranze oder eines an seinen beiden Polen eingedrückten, abgeplatteten Körpers annimmt, den man ein Sphäroid oder ein Ellipsoid zu nennen pflegt.

Ganz dasselbe wird nun auch unserer Erde widerfahren, wenn sie sich in der That um ihre Axe dreht und wenn dabei vorausgesetzt wird, dass die Masse, aus der sie besteht, wenigstens anfangs flüssig oder doch weich genug war, um einem grösseren auf sie geäusserten Drucke nachzugeben. Diese Voraussetzung ist aber längst schon ausser Zweifel gesetzt, und die Menge versteinerter Seethiere auf unseren höchsten Gebirgen so wie die Lage und Form der verschiedenen Schichten, aus welchen die Oberfläche der Erde besteht, sind eben so viele Urkunden, auf welchen die Natur mit unvergänglichen Charakteren jenen ursprünglich flüssigen Zustand unserer Erde bezeichnet hat.

Wenn aber alles dieses so ist, wo sind denn jene Spuren, welche die Rotation der Erde auf ihrer Oberfläche zurückgelassen haben soll?

Die Resultate der oben (§. 11) schon besprochenen Gradmessungen vereinigen sich dahin, dass die Erde allerdings, wie man bisher angenommen hat, einer Kugel sehr ähnlich, aber doch keine eigentliche

Kugel im strengsten geometrischen Sinne des Wortes, sondern dass sie ein Körper ist, der durch die Umdrehung einer dem Kreise sehr nahen Ellipse um ihre kleine Axe entsteht. Nach den neuesten Bestimmungen fand man im Mittel aus allen jenen Beobachtungen, dass die halbe kleine Axe dieser Ellipse oder die Entfernung des Mittelpunktes der Erde von jedem ihrer Pole 856.6, und dass die halbe grosse Axe der Ellipse oder der Halbmesser ihres vollkommen kreisförmigen Aequators 859.4 geogr. Meilen beträgt, wo die geographische Meile gleich dem fünfzehnten Theile eines Grades von dem Umfange des Erdäquators oder gleich 22843.4 Par. Fuss angenommen wird. Demnach hat also die Erde in der That an ihren beiden Polen eine Abplattung von nahe drei Meilen, und diese Abplattung gibt uns nicht nur einen directen Beweis für die Existenz der Rotation der Erde, sondern sie bestätigt auch im Allgemeinen die Richtigkeit unserer früheren Voraussetzung, nach welcher die Erde einer vollkommenen Kugel wenigstens sehr ähnlich ist, da die äusserst geringe Abplattung der Erde nur den 299sten Theil ihres Halbmessers beträgt, eine Grösse, die wir auch bei unseren besten Globen noch nicht mit freiem Auge unterscheiden können, und die daher auch, selbst bei unseren grössten Landkarten, als eine ganz verschwindende Grösse nicht weiter berücksichtigt wird.

§. 22. (III. Verschiedenheit der Schwere auf der Erde.) Wir alle wissen, dass die Körper auf der Oberfläche der Erde, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, in einer senkrechten Richtung gegen diese Oberfläche fallen, und dass sie unter dem Aequator am Ende der ersten Sekunde durch diesen Fall eine Geschwindigkeit erhalten, vermöge welcher sie, wenn sie diese Geschwindigkeit auch ferner beibehielten, in jeder folgenden Sekunde einen Raum von 30.1028 Par. Fuss zurücklegen würden. Welches immer die Ursache dieser Bewegung sein mag, man wird sie in der Erde selbst, und zwar, da sie gegen den Mittelpunkt derselben gerichtet ist, in diesem Mittelpunkte suchen müssen; man wird sie gleichsam als eine Kraft darstellen können, welche in diesem Mittelpunkte der Erde ihren Sitz hat, und welche von da aus alle Körper an sich zu ziehen sucht. Man nennt sie daher die Anziehungskraft der Erde, oder auch die Schwere.

Diese Schwere ist also unter dem Aequator, wenigstens in ihrer Richtung, der oben betrachteten Centrifugalkraft derselben gerade entgegengesetzt, da beide Kräfte in der Ebene des Aequators und zwar in der Richtung des Halbmessers der Erde, in welchem der fallende Körper sich befindet, liegen, und da die erste den Körper zu dem Mittelpunkte der Erde herabzieht, während die zweite ihn, wie wir so eben gesehen haben, davon zu entfernen strebt, so dass also, durch die Centrifugalkraft die Schwere vermindert, oder dass die Schwere bei einer um ihre Axe rotirenden Erde kleiner wird, als sie bei einer nicht rotirenden sein würde.

Wenn man aber den Halbmesser eines Kreises, und überdiess die Zeit seiner Rotation kennt, so ist es, aus den ersten Grundsätzen der Mechanik sehr leicht, die daraus entstehende Centrifugalkraft jedes Punktes seiner Peripherie zu finden. Diese ist nämlich gleich der Zahl 39.4784 multiplicirt mit dem Halbmesser des Kreises und dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit. Der Halbmesser des Aequators ist nach dem Vorhergehenden 859.4 Meilen, oder in runder Zahl 19632000

Par. Fuss, und die Umlaufszeit desselben oder die Länge des Tages ist nahe 24 Stunden oder 86400 Sekunden, woraus man leicht die Centrifugalkraft gleich 0.104 Par. Fuss findet, d. h. wenn die Erde nicht um ihre Axe rotirte, so würde die jetzt beobachtete Schwere derselben am Aequator, die nach dem vorhergehenden 30.1028 Par. Fuss beträgt, um 0.104 Fuss grösser oder sie würde 30.2068 Fuss betragen.

Der Unterschied dieser Schweren bei der ruhenden und bei der bewegten Erde ist, wie man sieht, nicht eben sehr bedeutend, da er nur $^1/_{289}$ der in der That beobachteten Schwere beträgt. Die Ursache dieser geringen Differenz ist die noch immer langsame Bewegung der Erde. Wenn aber die Geschwindigkeit ihrer Rotation grösser oder mit anderen Worten, wenn die Länge unseres Tages kürzer wäre, so würde dadurch die Centrifugalkraft der Erde grösser und endlich so gross wie die Schwere selbst werden können. Der letzte Fall würde eintreten, wenn unser Tag nahe 17 Mal kürzer wäre, oder wenn er statt 24 Stunden nur $1^4/_{10}$ unserer gegenwärtigen Stunden betrüge. Dann würden also die Körper, wenn sie unter dem Aequator sich selbst überlassen werden, nicht mehr zur Erde fallen, sondern in jedem Punkte über der Erde frei stehen bleiben, ohne weiter einer Unterstützung zu bedürfen. Eine nur noch etwas vermehrte Geschwindigkeit der Rotation der Erde würde endlich alle Körper auf ihr, wenn sie nicht an ihrer Oberfläche befestigt sind, von derselben entfernen, oder die Körper würden dann etwa wie jetzt ein unter dem Wasser eingetauchter Kork, frei von der Erde wegsteigen, so wie sie jetzt, wenn sie nicht unterstützt werden, zu ihr hinfallen.

Diese Schwungkraft aber, welche die Schwere der Körper am Aequator um $^1/_{289}$ vermindert, wird schwächer, je weiter man sich auf der Oberfläche der Erde von dem Aequator zu beiden Seiten desselben entfernt. Ihre Richtung liegt nämlich, wie bereits gesagt wurde, für jeden Punkt der Erde in der Ebene des Parallelkreises dieses Punktes, und ist dem Halbmesser dieses Parallelkreises proportional.

Je kleiner daher mit der Annäherung zu den beiden Polen die Parallelkreise der Erde werden, desto kleiner wird auch die Schwungkraft, und an den beiden Polen selbst verschwindet sie gänzlich, weil dort auch die Halbmesser der Parallelkreise verschwinden. An den beiden Polen ist daher die beobachtete Schwere gleich 30.2068 Fuss, oder so gross, als sie bei einer nicht rotirenden Erde auf allen Punkten ihrer Oberfläche sein würde.

Während aber die Schwungkraft von dem Aequator zu den Polen wie die Halbmesser der Parallelkreise abnimmt, wächst die Schwere der Erde nicht in demselben Verhältnisse. Diess würde nur dann der Fall sein, wenn diese beiden Kräfte in ihren Richtungen einander immer entgegengesetzt wären. Allein das sind sie nur am Aequator, wo die eine Kraft, die Schwere, die Körper senkrecht abwärts, und die andere, die Schwungkraft, dieselben ebenfalls senkrecht aber aufwärts treibt.

In allen übrigen Punkten der Erdoberfläche bilden diese beiden Richtungen immer grössere Winkel, je näher man gegen die Pole zu geht, weil die Richtung der Schwere ihrer Natur nach gegen den Mittelpunkt, also überall senkrecht auf die Oberfläche der Erde wirkt, während die der Schwungkraft in der Ebene des Parallelkreises liegt, der nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht. Die Folge davon ist, dass

die Schwere der Erde nicht bloss im Verhältnisse der Halbmesser der Parallelkreise, sondern dass sie langsamer vermindert wird, d. h., dass sie gegen die Pole zu schneller wächst, weil sie nämlich nicht durch die ganze Schwungkraft, wie am Aequator, sondern nur um einen Theil dieser Schwungkraft vermindert wird. Da aber diese Theile sich ebenfalls wie die Halbmesser der Parallelkreise verhalten, so nimmt auf der um ihre Axe rotirenden Erde die immer gegen ihren Mittelpunkt gerichtete Schwere zu, wie das Quadrat der Halbmesser der Parallelkreise.

Die folgende kleine Tafel gibt, für verschiedene Entfernungen vom Aequator oder für verschiedene Breiten, die Grösse der daselbst stattfindenden Schwere, wie sie unmittelbar aus der vorhergehenden Betrachtung abgeleitet wurde:

Breite.	Schwere in Par. Fuss.
0°	30.1028
20	30.1150
40	30.1458
60	30.1808
80	30.2037
90	30.2068

Allein diese Zahlen sind bloss durch Rechnung gefunden worden, indem man die Rotation der Erde als bereits gegeben voraussetzte, und auf theoretischem Wege die Folgen suchte, welche diese Rotation in Beziehung auf die Erscheinung der Schwere der Erde in verschiedenen Punkten der Oberfläche derselben haben würde. Wenn man daher auch diese Unterschiede der Schwere auf der Erde unmittelbar beobachten könnte, und wenn dann die Resultate dieser Beobachtungen mit den Ergebnissen der vorhergehenden Rechnung übereinstimmend gefunden würden, dann dürften wir auch diese Harmonie als einen ferneren und zwar sehr schönen Beweis für die Umdrehung der Erde betrachten. Allein wie sollen wir diese Schwere der Erde in verschiedenen Punkten ihrer Oberflächen messen?

§. 23. (Masse und Dichtigkeit der Körper.) Der Mittel dazu gibt es manche, aber sie sind nicht alle der Art, dass wir viel Gutes von ihnen zu hoffen hätten. Und hier begegnen wir einem andern Umstande, der nur zu oft in der Astronomie und überhaupt in allen Naturwissenschaften vorkommt und uns nicht selten in grosse Verlegenheit setzt. In der Mathematik und in anderen positiven Doctrinen ist es genug einen Satz bewiesen oder ein gegebenes Problem richtig aufgelöst zu haben, um von der Wahrheit der Sache, die man sucht, überzeugt zu sein, und so lange es nur um diese Wahrheit als um die Hauptsache zu thun ist, dürfen wir uns sehr wenig darum kümmern, ob die von uns gefundene Auflösung auch zugleich die einfachste, die kürzeste oder die eleganteste nach ihrer äusseren Form sein mag, da es zu unserem Zwecke vollkommen hinreicht, dass sie richtig ist. Nicht so verhält sich die Sache, wenn es sich um Experimente oder um Beobachtungen handelt, durch welche irgend ein Problem aufgelöst, ein Satz bewiesen, oder eine Er-

scheinung der Gegenstände ausser uns erklärt werden soll. Diese Beobachtungen, durch welche hier die Sache ausgemacht werden soll, müssen mit unseren Sinnen, mit unseren Instrumenten angestellt werden. Allein unsere Sinne sind Irrthümern und Täuschungen, und unsere Instrumente, auch die vollkommensten, sind Fehlern unterworfen, und die Gegenstände, welche wir auf diese Weise untersuchen wollen, sind oft so klein oder so schwer aufzufassen, oder so sonderbar mit einander verwickelt, dass selbst geringe Fehler, die wir bei den Beobachtungen dieser Gegenstände begehen, die grössten und schädlichsten Wirkungen auf die daraus abzuleitenden Resultate erzeugen können. Es kann daher hier nicht, wie bei andern Wissenschaften, genügen, irgend eine, wenn auch in der Theorie richtige Methode zu geben, um dadurch ein Problem vermittelst Beobachtungen aufzulösen, sondern man muss auch zugleich der praktischen Sicherheit dieser Methode gewiss sein, oder doch diejenigen Umstände, unter welchen sie mit Zuverlässigkeit angewendet werden kann, und die Folgen angeben, welche gegebene Beobachtungsfehler in den Resultaten, die man daraus ableiten will, hervorbringen können, ein Geschäft, das oft nicht weniger Umsicht und Scharfsinn erfordert, als die Auffindung der Methode selbst, und dessen oft nur zu häufige Vernachlässigung eine der Hauptursachen ist, warum mehrere Theile der Naturwissenschaften noch nicht denjenigen Grad der Vollkommenheit erreicht haben, den wir mit so grossem Vergnügen an anderen Theilen bemerken, wo entweder diese praktischen Hindernisse geringer, oder die geistigen Kräfte derer, die sie zu entfernen suchten, grösser gewesen sind.

Um dieses auf unsern Gegenstand anzuwenden, wo sich sogleich mehrere Beispiele zu dem oben Gesagten anbieten werden, müssen wir zuerst den Begriff des Wortes Schwere festsetzen. Wir haben bereits gesagt, dass man dadurch die Ursache andeutet, welche macht, dass die Körper auf der Oberfläche der Erde, wenn sie nicht unterstützt werden, senkrecht gegen diese Oberfläche herabfallen. Man sucht die Ursache mit vieler Wahrscheinlicheit in einer Kraft, deren Sitz im Mittelpunkte der Erde ist, und welche alle Körper ausser ihr zu diesem Mittelpunkte anzieht. Demnach werden also eigentlich die Richtungen der Schwere in verschiedenen Punkten der Erdoberfläche alle gegen den Mittelpunkt derselben convergiren. Es ist ferner bereits durch Erfahrung bewiesen, dass diese Kraft der Erde in grösseren Entfernungen von ihrer Oberfläche bedeutend abnimmt. Wenn man aber die ungemeine Grösse der Erde gegen alle die Höhen über ihrer Oberfläche, in welche wir noch kommen, und auf welchen wir noch Beobachtungen anstellen können, erwägt, so wird man zuerst, ohne merklichen Fehler für unsere Experimente die Schwere als eine constante oder unveränderliche Kraft, und die Richtungen derselben durch die ganze Ausdehnung der unseren Beobachtungen unterworfenen Räume, als unter sich parallel und auf der Oberfläche der Erde senkrecht oder als vertical voraussetzen können.

Man nimmt an, dass alle Körper der Natur aus unendlich kleinen Körpern oder aus Atomen bestehen, die ihrer Wesenheit und Gestalt nach unveränderlich und von einander durch Zwischenräume, Poren, getrennt sind, so dass jene Körper nur durch die Natur und durch das Verhältniss dieser Atome zu ihren Poren verschieden sind. Diese Atome

sind es, auf welche man sich die Kraft der Schwere der Erde als unmittelbar wirkend vorstellt, woraus dann sofort folgt, dass die Totalwirkung der Schwere auf einen Körper von der **Gestalt** desselben ganz unabhängig ist. Diese Totalwirkung ist das, was man gewöhnlich das **Gewicht** des Körpers nennt. Dieses Gewicht P wird sich also überhaupt wie die Intensität g der Schwere an jedem Orte der Erde, und für jeden besondern Körper wie die Anzahl der in ihm enthaltenen Atome, oder wie die **Masse** M dieses Körpers verhalten, d. h. man wird die Gleichung $P = gM$ haben. Für verschiedene Körper wird die Masse M derselben desto grösser sein, je näher die verschiedenen Atome an einander liegen, oder je grösser die Dichtigkeit D des Körpers ist, und je mehr Raum derselbe einnimmt, oder je grösser das Volumen V des Körpers ist, wodurch man die Gleichung erhält $M = DV$. Auf diesen beiden Ausdrücken beruhen alle Vergleichungen, die man über das Gewicht, die Massen und die Dichtigkeit der Körper anstellen kann.

§. 24. (Messungen der Schwere. Durch Wagen.) Da also, nach der ersten der vorhergehenden Gleichungen, für denselben Körper an verschiedenen Orten der Erdoberfläche das **Gewicht** oder der Druck desselben auf seine Unterlage sich wie die Schwere an diesen Orten verhält, und da wir bereits wissen, dass sich die Schwere am Aequator zu der am Pole, wenn die Erde in der That rotirt, wie 289 zu 290 verhalten soll, so dürfen wir nur, um unsere Hypothese von der Bewegung der Erde zu prüfen, einen Körper, dessen Gewicht z. B. am Aequator 289 Pfunde beträgt, nach einem der beiden Pole bringen, und dort wieder abwägen, wo er dann genau um ein Pfund schwerer gefunden werden soll. — Allein dieses Verfahren, so einfach es ist, führt nicht zum Ziele, da hier an ein eigentliches Abwägen nicht gedacht werden kann, weil das Gewicht in der einen Schale der Wage denselben Veränderungen der Schwere unterliegt und also unter dem Pole ebenfalls um seinen 289sten Theil schwerer geworden ist. Diese Methode muss daher als ganz unbrauchbar verworfen werden.

§. 25. (Durch Rollen.) Wenn man über eine, um ihren Mittelpunkt bewegliche Rolle einen Faden schlägt und in die Endpunkte desselben gleiche Gewichte hängt, so bleibt bekanntlich die Rolle, so wie die Gewichte selbst, in Ruhe, während bei der geringsten Verschiedenheit dieser Gewichte sogleich das schwerere herabsinkt, und das leichtere steigt. Dasselbe würde auch der Fall sein, wenn man den Faden über mehrere horizontal neben einander stehende Rollen gehen lassen wollte. Gesetzt also, wir hätten zwei solche Gewichte, entweder auf der ersten dieser Rollen, oder auf einer sehr empfindlichen Wage auf das Genaueste abgeglichen, und wir errichteten dann eine Reihe von sehr hohen Rollen, die in abgemessenen Distanzen vom Aequator bis zu einem der Pole reichten. Wenn wir über alle diese Rollen einen Faden legten, und an seinen beiden herabhängenden Enden, vor der ersten Rolle am Aequator das eine, und nach der letzten aller dieser Rollen an dem Pole das andere Gewicht befestigten — würde nun, in dieser Lage der beiden gleichgrossen Gewichte, noch das Gleichgewicht bestehen? — Gewiss nicht, wenn anders unsere vorhergehende Theorie richtig ist, und die Erde sich in der That um ihre Axe bewegt. Das letzte Gewicht, am Pole würde überwiegen und man würde dasselbe um seinen 289sten Theil leichter oder jenes am Aequator um eben so viel schwerer machen

müssen, um das Gleichgewicht zwischen beiden wieder herzustellen. — Diese Methode wäre nun allerdings einfach genug, um sie zu verstehen, aber nicht, um sie auszuführen, da die Beschwerden und die Kosten der Vorrichtung, so wie die Hindernisse, welche von der Reibung der Rollen, von der Steifigkeit und von anderen Unvollkommenheiten der über 1350 Meilen langen Schnur erzeugt werden, das ganze Verfahren, so richtig auch die Theorie sein mag, scheitern machen würden.

§. 26. (Durch Attwood's Maschine.) Zwar könnte man mit einer einzigen solchen Rolle auch schon einen Versuch zu diesem Zweck anstellen. Die sogenannte Attwood'sche Maschine, an welcher man bekanntlich die Gesetze der freifallenden Körper zu zeigen pflegt, besteht bloss aus einer solchen sehr beweglichen Rolle, deren Faden an seinen beiden Endpunkten zwei beträchtliche und gleich grosse Gewichte trägt. Wenn das eine derselben um einen noch so geringen Theil vermehrt wird, so beginnt es sofort zu fallen und zwar desto langsamer zu fallen, je grösser jene beiden gleichen Gewichte zusammengenommen gegen das neu hinzugekommene sind. Wenn man den Fall des schwereren Gewichtes z. B. während einer Minute genau messen, und dann dieselbe Beobachtung an einem andern Orte der Erde wiederholen wollte, so würde man allerdings zwei verschiedene Fallhöhen finden, und daraus auf die Verschiedenheit der Schwere dieser Orte schliessen können. Aber dieser Schluss würde äusserst unsicher, ja ganz unzuverlässig sein. Denn es handelt sich hier, wie die vorhergehende Tafel zeigt, nur um die Bestimmung einer ganz kleinen Grösse von kaum dem zehnten Theil eines Fusses, die überdiess aus einer noch viel kleineren Verschiedenheit der beiden Fallräume bestimmt werden soll. Allein der Schluss von dem Kleinen auf das Grosse ist hier wie überall sehr misslich, besonders da in unserem Falle noch die Unbiegsamkeit des Fadens und die Reibung desselben an der Rolle so wie die der Rolle an ihrer Axe, anderer Schwierigkeiten nicht zu gedenken, beinahe unübersteigliche Hindernisse darbieten würden.

§. 27. (Durch den Fall von grossen Höhen.) In dieser Verlegenheit könnte man sich vielleicht an unmittelbare Fallversuche von hohen Thürmen wenden, und die erwähnten Beobachtungen Benzenberg's wiederholen. Man würde dann, der vorhergehenden Theorie zu Folge, finden sollen, dass ein schwerer Körper in sechs Sekunden unter dem Aequator 541.8 und unter den Polen 543.7 Par. Fuss, also nahe zwei Fuss tiefer fallen sollte. Diese Differenz wäre allerdings bedeutend genug, um bemerkt zu werden. Allein man wird erstens nicht leicht so hohe Thürme finden, da selbst die ägyptischen Pyramiden, die grössten von Menschenhänden errichteten Gebäude, noch nicht die Höhe von 450 Fuss erreichen, und man würde zweitens auch wenn man sie fände bald auf Hindernisse in der Ausführung stossen, die von dem Widerstande der Luft, von der Zugluft oder von der grossen Schnelligkeit der Körper zu Ende ihres Falles kommen, so dass man auch diesen Weg zu unserem Ziele als ungangbar verwerfen wird.

§. 28. (Durch andere Mittel.) Eben so könnte man eine schiefe Ebene unter dem Aequator und unter den Polen so lange gegen den Horizont neigen, bis ein auf sie gelegter Körper die durch seinen Druck entstehende Reibung überwindet, und seine abwärts gehende Bewegung beginnt, wo man dann aus dem Neigungswinkel der Ebene an beiden

Orten die ihnen entsprechende Schwere finden würde. — Eine Kugel, an beiden Orten mit derselben Kraft z. B. des Pulvers, senkrecht aufwärts getrieben, würde am Aequator höher steigen als unter dem Pole, und die Differenz dieser beiden Höhen würde die Differenz der auf die Kugel wirkenden Schweren zu erkennen geben; — die Tiefe des Eindrucks, den derselbe Körper am Aequator und unter dem Pole auf einer weichen Unterlage z. B. auf einer Wachstafel, zurücklässt; — ein senkrechter Faden, oder ein Metalldraht an beiden Orten mit den zum Zerreissen desselben nothwendigen Gewichten beschwert; — oder ein horizontal ausgespannter, in seiner Mitte freier Faden, der unter dem Pole tiefer zu dem Horizonte herabsteigen, oder eine ganz andere Kettenlinie beschreiben würde, als unter dem Aequator; — alle diese und noch manche andere Mittel sind theoretisch richtig, und doch in der Ausführung beinahe unbrauchbar, da die Beobachtungsfehler, welche man dabei nicht vermeiden kann, in den daraus abzuleitenden Resultaten Irrthümer erzeugen werden, welche die durch sie zu bestimmende Grösse selbst oft weit übersteigen können.

§. 29. (Durch Spiralfedern.) Da wir, wie man oben gesehen hat, mit dem eigentlichen Abwägen nicht zum Ziele kommen können, weil die Schwere auf den abzuwägenden und den wägenden Körper gleich stark einwirkt, so wollen wir noch eine andere Kraft aufsuchen, die von der Schwere nicht unmittelbar abhängt. Eine solche ist z. B. die elastische Kraft einer Metallfeder. Denken wir uns also eine solche Spiralfeder, die an ihrem obersten Punkte befestigt ist, und an ihrem unteren ein Gewicht trägt, so dass der tiefste Theil dieses Gewichtes eine unter ihr befestigte, wohl geglättete Tafel z. B. von Achat schon nahe berührt. Bringt man diesen einfachen Apparat unter den Pol, so wird man durch allmähliches Hinzufügen sehr kleiner Gewichte die Spiralfeder so weit verlängern können, dass das Gewicht mit der Steintafel in unmittelbare Berührung kommt, was man ohne Zweifel mit grosser Schärfe wird bewirken können. Wird dann derselbe Apparat, in allen seinen Theilen unverändert, unter dem Aequator aufgestellt, so kann wegen der hier kleineren Schwere das Gewicht nicht mehr bis zur Achattafel herabsteigen, und man wird daher jenen ersten Gewichten noch einige hinzufügen müssen, um auch hier den Contact wieder hervorzubringen, und die bekannte Grösse dieser neuen Gewichte wird sofort auch die Differenz der Schwere an beiden Beobachtungsorten angeben. Wenn es möglich ist, eine solche Spiralfeder zu verfertigen, bei welcher ein Gewicht von 10000 Gran eine Verlängerung der Feder von 10 Zollen hervorbringt, so würde eine Vermehrung dieses Gewichts von einem Gran die Feder schon um den tausendsten Theil eines Zolles verlängern, eine Grösse, die man mit Hülfe unserer Mikroskope noch immer deutlich bemerken kann, so dass wir also mit einem solchen Apparate an jedem Beobachtungsort die Schwere desselben bis auf ihren zehntausendsten Theil, also sehr genau, würden angeben können. Allein die Gleichförmigkeit der Ausdehnung solcher Federn bei verschiedenen Gewichten, die Veränderlichkeit der elastischen Kraft, die Ausdehnung durch Temperatur, die Schwierigkeit des Transportes derselben, und viele andere nicht geringere Hindernisse werden wohl auch hier nur wenig Hoffnung zu einem glücklichen Erfolge übrig lassen.

§. 30. (Uebersicht des Vorhergehenden.) So haben wir also bisher keine anderen directen Beweise für die Umdrehung der Erde erhalten können, als die oben (§. 11) angeführten unmittelbaren Messungen derselben, die uns die Abplattung der Erde als eine Folge ihrer Rotation kennen gelehrt haben, und die Versuche über die östliche Ausweichung der von grossen Höhen herabfallenden Körper. Allein die letzten wurden erst im Jahre 1802 angestellt, da die ähnlichen früheren kein zuverlässiges Resultat gaben. Selbst diese liessen noch Manches zu wünschen übrig, da die Fallhöhe von 260 Fuss noch zu klein war, und überdiess noch mehrere Umstände das ganze Verfahren mehr für eine Schätzung, als für eine eigentliche genaue Messung gelten liessen. Ja selbst gegen jene erste Methode fingen sich mehrere Zweifel an zu regen. Denn die ersten wahren Vermessungen der Erde wurden nicht mit der Sorgfalt und mit den guten Instrumenten vorgenommen, die sie verdienten. Nach der Theorie sollten schon zwei derselben hinreichen, die Abplattung der Erde zu finden. Aber man fand, wie wir schon oben (§. 11) sahen, sehr verschiedene Abplattungen, je nachdem man dieses oder ein anderes Paar von jenen Messungen unter einander verglich, so dass man sich lange nicht über die eigentliche Grösse dieser Abplattung der Erde an den Polen einigen konnte. Ja einige Astronomen, und unter ihnen selbst Männer von Gewicht, läugneten dieselbe gänzlich, und wollten sogar der Erde eine an ihren Polen längliche Gestalt geben. So hatte der berühmte D. Cassini einen Grad der Erde im südlichen, und einen anderen im nördlichen Frankreich gemessen, und den letzten kleiner gefunden, als den ersten, da doch das Gegentheil statthaben müsste, wenn die Erde wirklich an den Polen abgeplattet wäre. Diese beiden Grade lagen in der That zu nahe, um die Sache zu entscheiden, aber was der guten Wahl der beiden Orte abging, schien die Geschicklichkeit und die Autorität des grossen Geometers zu ersetzen. Auch nahm die französische Akademie die Partei ihres Landsmannes auf eine sehr eifrige Weise, und erklärte sich einmüthig für die durch Cassini gefundene, an den Polen längliche Gestalt der Erde, während Newton gegen sie die frühere Meinung vertheidigte, und die Abplattung der Erde an ihren Polen durch theoretische Gründe, denn andere hatte man nicht, zu beweisen suchte.

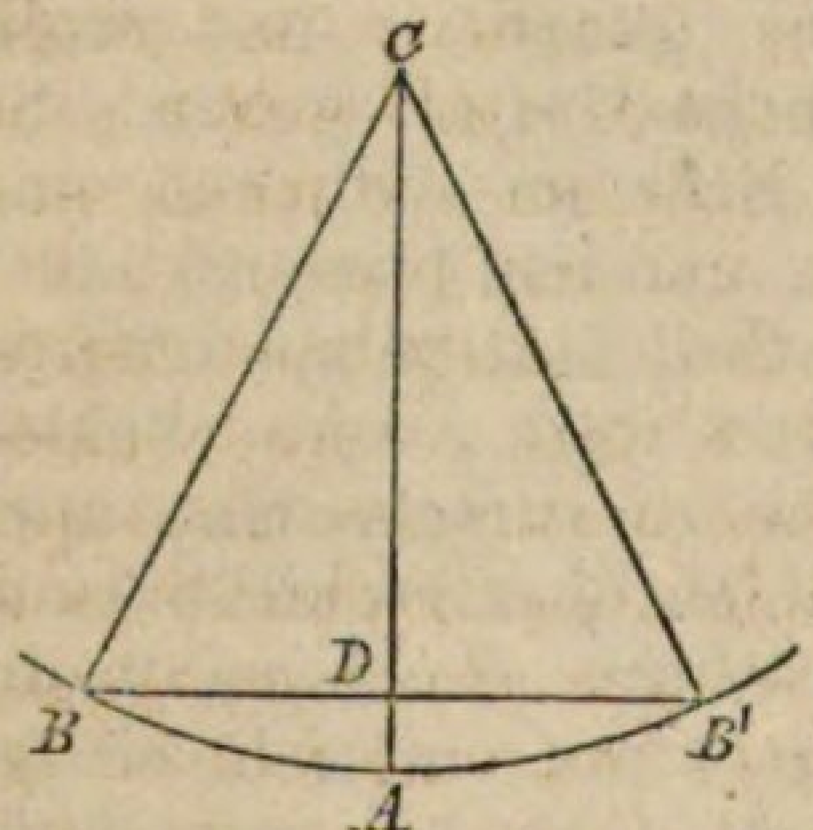
§. 31. (Wirkung der Schwere auf den Gang der Uhren.) So stand diese Angelegenheit, als im Jahre 1672, im dreissigsten Lebensjahre Newton's, der französische Astronom Richer von Paris nach der Insel Cayenne reiste, die nur fünf Grade nördlich vom Aequator entfernt ist. Als er hier seine Pendeluhr, die in Paris genau nach mittlerer Zeit regulirt war, wieder aufstellte, fand er, dass sie täglich nahe um $2\frac{1}{2}$ Minuten zu spät ging, so dass er das Pendel um etwa $\frac{5}{4}$ einer Pariser Linie verkürzen musste, um den Gang seiner Uhr auch in Cayenne mit der mittleren Zeit übereinstimmend zu machen. Er konnte dieses sonderbare Ereigniss um so weniger einer Störung der Uhr während seiner Reise zuschreiben, da das so verkürzte Pendel, als er es nach Paris zurückbrachte, wieder um dieselbe Grösse verlängert werden musste, indem die Uhr bei seiner Ankunft in Paris täglich um 148 Sekunden gegen mittlere Zeit zu schnell ging.

Newton, dessen Scharfsinn sogleich die Ursache dieser Erscheinung entdeckte, stand nicht an, sie für den so lange gesuchten experi-

mentellen Beweis der Rotation der Erde zu erklären. Seitdem sind die Beobachtungen dieser Art sehr vervollkommnet, und beinahe in allen Orten der Erde wiederholt worden, und sie haben nicht nur Newton's Ansicht von derselben vollkommen bestätigt d. h. einen vollständigen Beweis der Rotation der Erde geliefert, sondern sie haben uns auch den wahren Werth ihrer Abplattung an den Polen, und die Grösse des Raumes, durch welche frei fallende Körper in der ersten Sekunde gehen, mit einer Genauigkeit kennen gelehrt, die wir durch kein anderes Mittel hätten erreichen können. Endlich hatten diese Pendel, auf eine zweckmässige Art an unsere Uhren angebracht, schon früher unserer ganzen praktischen Astronomie eine neuere, bessere Gestalt gegeben, daher wir sie hier, so weit es unser Gegenstand erfordert, näher betrachten wollen.

§. 32. (Sekundenpendel.) Ein Faden *CA* (Fig. 7), der an seinem oberen Ende *C* befestigt ist, und an seinem unteren *A* einen schweren Körper, z. B. eine kleine Kugel von Blei trägt, wird, wenn man ihn sich selbst überlässt, wegen der Wirkung der Schwere eine vertikale Lage *CA* annehmen. Wenn man aber den immer gespannten Faden sammt seinem Gewichte aus dieser vertikalen Lage *CA* in eine andere *CB* bringt oder das Gewicht gleichsam aufhebt, und es dann wieder sich selbst überlässt, so wird es durch dieselbe Wirkung der Schwere, wie die Erfahrung lehrt, in die erste Lage zurückzukehren suchen, indem es den Kreisbogen *BA* um den Mittelpunkt *C* beschreibt. Wenn aber das Gewicht wieder seinen tiefsten Punkt *A* erreicht, so hat es durch seinen Fall in dem Bogen *BA* eine gewisse Geschwindigkeit nach der entgegengesetzten Richtung *AB'* erhalten, und diese Geschwindigkeit ist es, welche das Gewicht, wenn es in *A* angekommen ist, auf der anderen Seite der vertikalen Linie *CA* wieder aufwärts in den Bogen *AB'* treibt, und zwar eben so hoch als es früher in *B* war, so dass die beiden Kreisbogen *AB* und *AB'* einander gleich sind. Durch dieses Aufwärtssteigen in den Bogen *AB'* hat es in dem höchsten Punkte *B'* seine Geschwindigkeit gänzlich verloren, und sinkt daher, wegen der Anziehung der Erde, wieder durch den Bogen *B'A* wie vorhin durch den Bogen *BA*, um, wenn es in *A* mit der früheren Geschwindigkeit ankommt, wieder in den Bogen *AB* aufwärts zu steigen. Auf diese Weise setzt das Gewicht seine Schwingungen oder seinen Hin- und Hergang durch den Bogen *BB'* immer in denselben Zwischenzeiten so lange fort, bis endlich die Reibung des Fadens bei seinem Aufhängungspunkte *C* und der Widerstand der Luft, in welcher sich das Gewicht bewegt, dasselbe in seinem tiefsten Punkte *A* zur Ruhe bringt. Nimmt man statt des Fadens eine Stahlstange *AC* mit einer Oeffnung bei *C*, deren oberster Theil auf einer horizontalen Messerschneide oder auf der scharfen Kante eines Prisma von hartem Steine oscillirt, so können diese Schwingungen des Pendels mehrere Stunden dauern, in welchen zwar der Bogen *BB'* immer kleiner wird, aber die Zeit des Hin- und Her-

Fig. 7.



ganges des Gewichts, — und diese ist es, auf die hier alles ankommt, — immer dieselbe bleibt.

Es ist für sich klar, dass die Zeit eines Schwunges des Pendels durch den Bogen *BB'* desto grösser sein wird, je grösser die Länge des Fadens ist, und ebenso, dass, bei derselben Fadenlänge, die Zeit des Schwunges desto grösser sein oder dass das Pendel desto langsamer gehen wird, je kleiner die Kraft ist, welche diese Bewegung des Pendels hervorbringt, d. h. je kleiner die Schwere der Erde ist. Aus dieser Ursache musste also Richer's Pendel in Cayenne, in der Nähe des Aequators, wo die Schwere am kleinsten ist, zu langsam gehen, und er war daher gezwungen, es zu verkürzen, um ihm denselben Gang wieder zu geben, welchen es früher in Paris unter der grösseren geographischen Breite dieser Stadt oder unter einer grösseren Schwere hatte.

Am einfachsten wäre es die Länge des Fadens so lange zu ändern, oder was dasselbe ist, ein Gewicht an der erwähnten Metallstange auf- und abwärts zu bewegen bis das Pendel jede seiner Oscillationen durch den Bogen *BB'* genau in einer Zeitsekunde zurücklegt, wo es dann ein Sekundenpendel genannt wird. Man hat gefunden, dass die Länge eines solchen Pendels unter dem Aequator nahe 439.207, unter den Polen aber 441.593 Pariser Linien beträgt, deren 144 auf einen Fuss gehen. Dieser Unterschied von nur 2.386 Linien ist allerdings sehr klein, aber man kann ihn durch die Art, auf welche diese Pendel beobachtet werden, mit der grössten Genauigkeit bestimmen, und daher auch die daraus folgenden Resultate mit grosser Sicherheit ableiten.

Man kann nämlich, zum Vortheile und zur grossen Bequemlichkeit für den Beobachter, irgend ein gegebenes und in seiner Länge unveränderliches Pendel an zwei verschiedenen Orten der Erde schwingen lassen, und bloss mittelst einer neben derselben aufgestellten Uhr die Anzahl der Schwingungen zählen, welche das Pendel an den beiden Orten in derselben Zeit z. B. in einem ganzen Tage vollendet, eine Beobachtung, die eben so leicht als sicher zu machen ist, und die allein schon hinreicht, wenigstens das Verhältniss der Längen der Sekundenpendel sowohl als auch das der Schwere an jenen beiden Orten der Erde mit der grössten Schärfe zu bestimmen, da dieses Verhältniss dasselbe ist, wie das der Quadrate der Anzahl jener Schwingungen. Hätte man z. B. bemerkt, dass ein Pendel von irgend einer gegebenen Gestalt und Länge unter dem Aequator in einem vollen Tage 86400, unter der Breite von London aber 86535 Schwingungen macht, so verhalten sich die Quadrate dieser Zahlen wie 1 zu 1.0031, und eben so verhielten sich also auch an diesen beiden Orten die Längen der Sekundenpendel, so wie auch die Intensität der Schwere der Erde d. h. eine Masse, die unter dem Aequator 10000 Pfunde wiegt oder vielmehr die mit diesem Gewichte von 10000 Pfund auf ihre Unterlage drückt, wird in der Breite von London einen um 31 Pfund stärkeren Druck ausüben, als an jenem früheren Orte.

Die folgende kleine Tafel enthält die vorzüglichsten bisher gemessenen Längen des Sekundenpendels, in Metern ausgedrückt, wo der Meter 3.078444 Pariser Fuss hat.

Station.	Breite.	Länge des Sekundenpendels in Meter.
Molukkische Inseln	51° 32′ südl.	0.994129
Port Jackson	33 52 —	0.992588
Insel Ravak	0 2 —	0.990958
Jamaika	17 56 nördl.	0.991474
Newyork	40 43 —	0.993169
Paris	48 50 —	0.993867
London	51 31 —	0.994124
Unst	60 45 —	0.994939
Hammerfest	70 40 —	0.995541
Spitzbergen	79 50 —	0.996036

§. 33. (Messung der Schwere durch Sekundenpendel.) Man sieht aus diesem Verzeichnisse, dass die Länge des Sekundenpendels in der That mit den grösseren Entfernungen von dem Aequator zunimmt und dass daher durch diese Beobachtungen die Voraussetzung der Rotation der Erde um ihre Axe vollkommen bestätigt wird. Eine genauere Vergleichung dieser Länge zeigt, dass sie unter dem Aequator gleich 439.207 Par. Linien beträgt, und dass man für jede andere Breite die Länge ihres Sekundenpendels erhält, wenn man zu der vorhergehenden Grösse die Zahl 2.386, durch das Quadrat des Sinus (Einl. §. 32) dieser Breite multiplicirt, addirt. Daraus folgt zugleich eine sehr genaue Bestimmung des Fallraumes der Körper in der ersten Sekunde ihrer Bewegung. Am Aequator erhalten nämlich die Körper am Ende der ersten Sekunde ihres Falles eine Geschwindigkeit, mit welcher sie, wenn sie dieselbe auch ferner beibehielten, in jeder folgenden Sekunde den Raum von 30.10276 Par. Fuss zurücklegen würden. Für jede andere Breite aber erhält man die ihr entsprechende Geschwindigkeit, wenn man zu der vorhergehenden Grösse die Zahl 0.16354, ebenfalls durch das Quadrat des Sinus dieser Breite multiplicirt, addirt.

Wir könnten uns mit diesem sehr schönen Beweise für die Rotation unserer Erde allerdings begnügen, da er der Art ist, dass er bei Keinem, der seinen Werth zu erkennen weiss, irgend einem Zweifel über ihn oder über die Sache selbst weiter Raum gibt. Da aber der Gegenstand für uns eben so interessant als wichtig ist, so wird es erlaubt sein, ihn noch kurz von einer andern Seite zu betrachten.

§. 34. (IV. Beständige Ostwinde.) Unsere Seeleute wissen sehr wohl, dass in der Entfernung von etwa zwanzig Graden vom Aequator nordwärts ein beständiger Nordostwind, und eben so weit vom Aequator auf der südlichen Seite ein Südostwind beinahe durch das ganze Jahr weht, während nahe am Aequator diese Winde nicht bemerkt werden. Man nennt sie die tropischen Winde *(vents alisés* oder *tradewinds)*, und benützt sie gewöhnlich zur Ueberfahrt von Europa nach Amerika, indem man zuerst in gerader Richtung gegen Süden segelt, und sodann, wenn man in den Bereich dieser beständigen Ostwinde gekommen ist, sich von ihnen nach West führen lässt. — Die Entstehung dieser Winde hängt unmittelbar von der Rotation der Erde ab. Die Zone der Erde nämlich, die sich bis auf 23 Grade zu beiden Seiten des Aequators

erstreckt, ist, wie wir bald sehen werden, diejenige, deren Bewohner die Sonne noch in ihrem Zenithe sehen können, und wo es folglich am wärmsten ist, daher sie auch die heisse Zone genannt wird. In diesen Gegenden der Erde wird die sie umgebende Luft durch die grössere Temperatur verdünnt und daher leichter gemacht. Diese leichtere Luft erhebt sich über die benachbarte nördliche und südliche, kältere also auch dichtere Luft, und wenn sie eine gewisse Höhe erreicht hat, so fliesst sie gegen die beiden Pole ab. Auf diese Weise entsteht zu beiden Seiten des Aequators, in den höheren Gegenden der Atmosphäre, ein beständiger Strom der Luft von dem Aequator nach den beiden Polen. Wenn aber diese Luft sich an dem Aequator von der Erde erhebt, so muss sie daselbst einen verdünnten Raum zurücklassen, in welchen dann sofort die untere kältere und dichtere Luft von der Seite der beiden Pole eindringt, so dass also in der Nähe des Aequators in den unteren Gegenden der Atmosphäre ein beständiger Strom der kälteren Luft von den Polen gegen den Aequator, und in den oberen Gegenden ein entgegengesetzter Strom der wärmeren Luft von dem Aequator gegen die beiden Pole hin herrschen muss. Da aber die Atmosphäre, durch die Rotation der Erde von West nach Ost, sich gewiss schon seit Jahrtausenden mit der Erde selbst in's Gleichgewicht gesetzt hat, so wird jeder Theil der Atmosphäre dieselbe Rotationsgeschwindigkeit mit seinem Parallelkreise haben, also auch die den Polen nähere Luft sich langsamer drehen als die am Aequator. Wenn daher die untere Polarluft in der heissen Zone neben der Oberfläche der Erde ankommt, so wird sie eine kleinere Geschwindigkeit haben, als der Aequator selbst, also hinter dem Aequator oder hinter der Erdoberfläche gegen Westen zurückbleiben, und eben dadurch sich den Erdbewohnern daselbst, die ihre eigene schnelle Bewegung nach Ost nicht bemerken, als ein Stoss von Ost nach West d. h. als ein beständiger Ostwind fühlbar machen, oder genauer zu sprechen, der von Nord gegen den Aequator ziehende untere Luftstrom wird, in Verbindung mit der östlichen Rotation der Erde, auf der nördlichen Hemisphäre einen Nordostwind, und der von Süden kommende ähnliche Luftstrom auf der südlichen Hemisphäre einen Südostwind erzeugen.

Im Gegentheile werden diejenigen wärmeren Luftschichten der heissen Zone, die sich ihrer geringen Dichtigkeit wegen erheben, und dann, wie wir oben gesehen haben, zu beiden Seiten gegen die Pole hin abfliessen, wenn sie mit ihrer ursprünglich grösseren östlichen Geschwindigkeit an der Oberfläche der Erde ankommen, der Erde gegen Ost voreilen, und uns daher auf der Nordseite des Aequators als ein Südwestwind, auf der Südseite desselben aber als ein Nordwestwind fühlbar werden, wodurch der Ursprung der so häufigen West- und Südwest-Winde erklärt wird, die in ganz Europa und in den nördlichen Theilen des atlantischen Meeres beinahe das ganze Jahr durch herrschen.

Obschon die, die Erde umgebende Atmosphäre eine so geringe Dichtigkeit hat, dass die ganze Masse derselben von der unserer Erde wohl über hundert Millionenmal übertroffen wird, so würde doch ein beträchtliches Volumen dieser Luft z. B. von mehreren Kubikmeilen, wenn es von den Polargegenden in die Nähe des Aequators plötzlich versetzt werden könnte, in dem letzten Orte wegen seiner verschiedenen Geschwindigkeit einen sehr heftigen Sturm erzeugen. Allein die so eben

betrachtete Versetzung der Luft aus den Polar- in die Aequatorial-Gegenden geht nur sehr langsam und allmälich vor sich, so dass die sie unmittelbar berührende Oberfläche der Erde Zeit genug hat, auf diese Luftschichten zu wirken, und ihnen, durch die Reibung derselben mit der Erde, nach und nach die Geschwindigkeit der letzteren zu ertheilen. Die Folge davon ist, dass jene langsameren Luftschichten, wenn sie an den beiden Grenzen der heissen Zone ankommen, und sich dem Aequator nähern, allmälich immer eine grössere östliche Geschwindigkeit erhalten und sich mit der Erde selbst in's Gleichgewicht setzen werden, um so mehr da die Parallelkreise, also auch ihre Geschwindigkeiten, in der Nähe des Aequators sich nur sehr wenig ändern. Daraus folgt: dass dieses Gleichgewicht der Geschwindigkeit der von den Polen zu dem Aequator strömenden Luftschichten mit der Geschwindigkeit der Erde, schon vor der Ankunft jener Schichten am Aequator, sich hergestellt haben wird, und dass daher jene beständigen Ostwinde nur an den beiden Grenzen der heissen Zone herrschen, und in der Mitte derselben, am Aequator, nicht mehr fühlbar sein werden, wie es auch der Erfahrung vollkommen gemäss ist.

§. 35. (V. Rotation anderer Himmelskörper.) Endlich wird es auch hier, wie bei der Untersuchung der Kugelgestalt der Erde, erlaubt sein, diese Erde nicht bloss als unseren Wohnort, sondern als einen derjenigen grossen Körper zu betrachten, die in so bedeutender Anzahl unseren nächtlichen Himmel schmücken. Wir kennen schon mehrere derselben, an welchen wir mit unseren Fernröhren ebenfalls eine Rotation, und zwar auch in der Richtung von West gegen Ost beobachten. Der Mond dreht sich in $27^3/_{10}$ Tagen um seine Axe, die Sonne in etwa 26 Tagen, Mercur, Venus und Mars beinahe in einem Tag, wie unsere Erde, und Jupiter endlich, der grösste unter allen Planeten, und beinahe 1300mal grösser als die Erde, vollendet seine Rotation schon in 9—10 Stunden. Ein Beobachter auf der Oberfläche dieses Planeten würde also den ganzen Himmel in der kurzen Zeit von noch nicht zehn vollen Stunden um sich rotiren sehen, und doch würde diese Erscheinung für ihn nichts als eine leere Täuschung sein, da nicht der Himmel, sondern Er selbst es ist, der sich sammt seinem Wohnort um die Axe desselben dreht. Diese schnelle Rotation Jupiters hat auch eine sehr starke Abplattung seiner ebenfalls nahe kugelförmigen Gestalt zu Folge, die wir mit unseren Fernröhren, ob er gleich selbst in seiner grössten Nähe noch über 85 Millionen Meilen von uns entfernt ist, nicht nur deutlich sehen, sondern auch noch mit grosser Schärfe messen können, und die den vierzehnten Theil seines Halbmessers oder 670 Meilen ausmacht, während sie bei der Erde, wie wir oben gesehen haben, nur drei Meilen beträgt. — Wenn wir also diese Rotation und die unmittelbare Folge derselben, die Abplattung an den Polen, bei so vielen anderen Himmelskörpern bemerken, warum sollten wir sie, der Analogie gemäss, nicht auch bei unserer Erde voraussetzen dürfen?

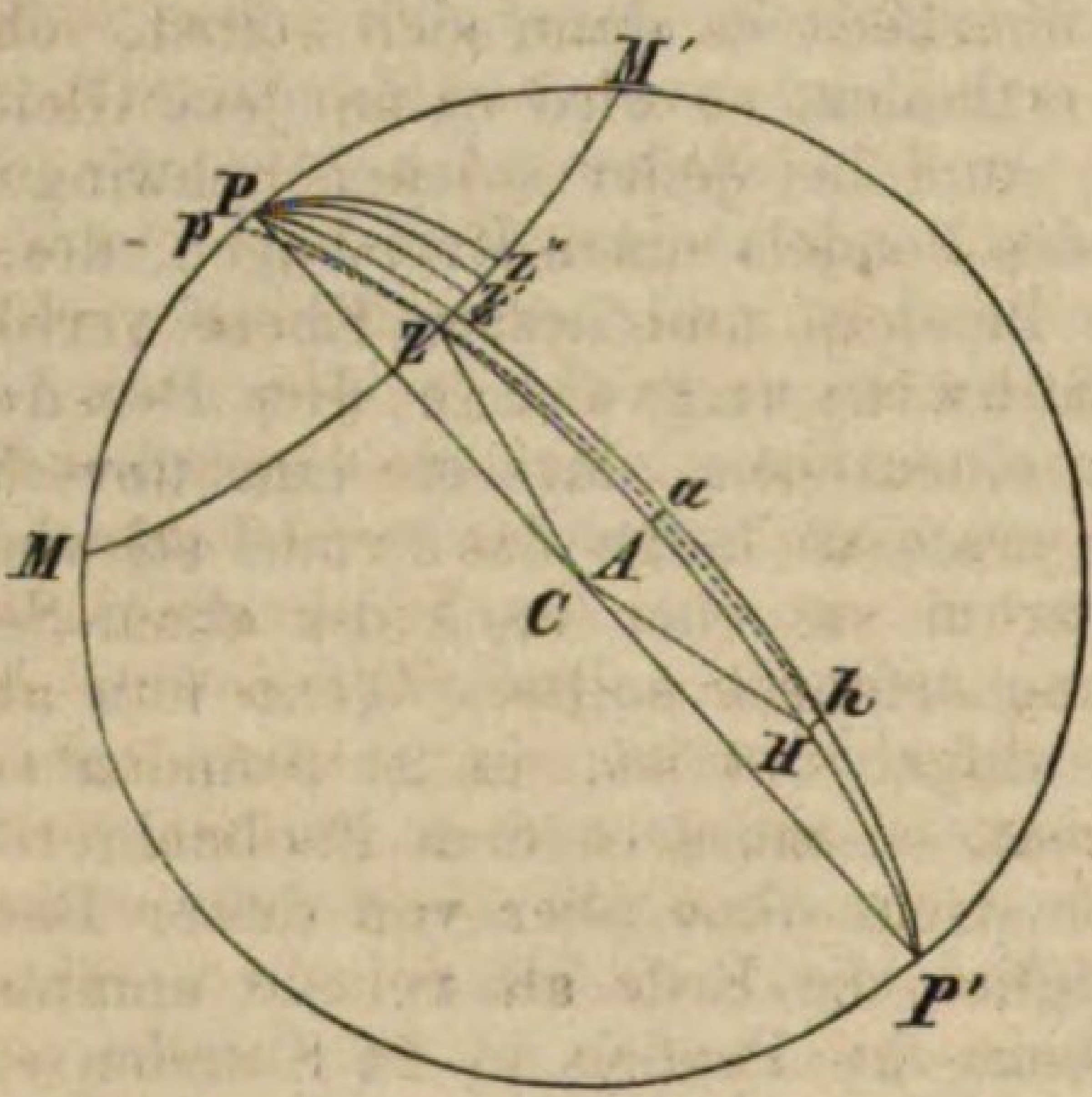
§. 36. (VI. Foucault's Pendelversuch.) Wir haben im Vorhergehenden die vorzüglichsten Beweise für die Rotation der Erde vorgetragen; aber sie sind wohl alle von der Art, dass nicht jeder die dazu nöthigen Beobachtungen und Versuche selbst anstellen und sich so von der Richtigkeit der oben mitgetheilten Resultate durch eigene Anschauung überzeugen kann. Einen solchen augenfälligen Beweis hat vor Kurzem

Léon Foucault in Paris durch einen sehr sinnreichen und dabei höchst einfachen Versuch gegeben, mit dem wir unsere Leser näher bekannt machen wollen. Setzen wir voraus, dass ein Beobachter sich genau im Pole der Erde befindet und dort ein Pendel in seiner einfachsten Gestalt d. h. eine homogene sphärische Masse an einem biegsamen Faden aufstellt; setzen wir ferner voraus, der Aufhängepunkt des Pendels liege genau auf der Verlängerung der Erdaxe, und die festen Theile, die das Pendel tragen, nähmen an der täglichen Bewegung der Erde keinen Antheil. Bringt man unter diesen Verhältnissen das Pendel aus der Position des Gleichgewichtes, und überlässt es dann sich selbst, ohne ihm irgend eine Seitenbewegung zu ertheilen, so wird es um jene Gleichgewichtslage Schwingungen machen, und bei jeder solchen Schwingung beschreibt die kugelförmige Masse des Pendels einen Kreisbogen, dessen Mittelpunkt der Aufhängepunkt des Pendels, und dessen Ebene vertikal ist. Man pflegt diese Ebene die Schwingungsebene des Pendels zu nennen, und es ist nicht schwer einzusehen, dass sie eine unveränderliche Lage im Raume beibehalten muss so lange das Pendel schwingt, weil kein Grund vorhanden ist, warum sie eher nach der einen Seite hin als nach der andern eine Drehung erfahren sollte. Wenn nun aber die Erde, über welcher das Pendel aufgehängt ist, in 24 Stunden sich von West nach Ost um ihre Axe dreht, so muss es dem Beobachter im Pole, der sich mit der Erde zugleich dreht ohne aber von dieser Bewegung etwas zu fühlen, und der folglich die Erde als ruhend annimmt, scheinen, als ob die Schwingungsebene des Pendels in 24 Stunden eine Drehung um die Ruhelage desselben oder um die Erdaxe gemacht hätte, aber im entgegengesetzten Sinne, also von Ost nach West. Könnte man bis zum Pole gelangen, und dort ein Pendel in der eben beschriebenen Art aufstellen, und würde sich dann die scheinbare Drehung der Schwingungsebene wirklich zeigen, so wäre diess ein sehr einleuchtender Beweis für die Rotation der Erde.

Der Grund, warum das Phänomen am Pole sich mit solcher Einfachheit darstellt, liegt darin, dass hier die Rotationsaxe der Erde mit der Vertikalen im Beobachtungsorte oder der Ruhelage des Pendels zusammenfällt. Geht man aber vom Pole gegen den Aequator herab, so bildet die Vertikale des Beobachtungsortes mit der Erdaxe einen um so grösseren Winkel, je weiter man sich vom Pole entfernt, und es erfolgt für einen solchen Ort die Rotation der Erde nicht mehr um diese Vertikale, sondern diese nimmt selbst Antheil an der Bewegung, und beschreibt während jeder Umdrehung der Erde die Oberfläche eines Kegels, dessen Spitze im Mittelpunkte der Erde sich befindet, und der eine desto grössere Oeffnung hat, je näher der Beobachtungsort am Aequator liegt. Man kann aber die Rotation der Erde um ihre wirkliche Axe durch zwei gleichzeitig stattfindende Rotationen um andere Axen ersetzen, die aufeinander senkrecht stehen, durch den Mittelpunkt der Erde gehen, und mit der Erdaxe in derselben Ebene liegen. Die beiden neuen Axen bleiben während der Rotation der Erde keineswegs ihrer ursprünglichen Lage parallel, sondern jede von ihnen beschreibt, wie aus dem Folgenden zu ersehen ist, während eines vollen Umschwunges der Erde eine Kegelfläche, deren Spitze im Mittelpunkte der Erde ist, und zwar stehen diese Kegelflächen einander so gegenüber, dass nur ihre Spitzen im Centrum der Erde zusammentreffen, und ihre Axen in dieselbe gerade

Linie fallen. Um diese Zerlegung der Rotation der Erde anschaulich zu machen, stelle Fig. 8 der Kreis $MPM'P'$ die Erde, C ihren Mittelpunkt, PP' die Erdaxe und P den Nordpol vor. Wählen wir irgend einen Beobachtungsort Z, der während der täglichen Bewegung der Erde den Parallelkreis MM' beschreibt, so wird der Kreis PZP' der Meridian, und die Linie CZ die Vertikale des Ortes Z sein. Ziehen wir ferner CH senkrecht auf CZ, so dass also der Winkel $ZCH = 90^0$ wird, so ist offenbar CH parallel zum Horizonte von Z, und da diese Linie überdiess in der Ebene des Meridians von Z liegt, so ist sie die Mittagslinie des Beobachtungsortes. Lassen wir nun die Erde eine sehr kleine Drehung nach Osten um ihre Axe PP' machen, wodurch der Punkt Z nach z rücken soll, so werden auch alle anderen Punkte des Meridians PZP' einen kleinen Weg nach Osten zurücklegen, und zwar werden sie, nachdem Z in z angekommen ist, alle im Meridiane von z, nämlich in dem Kreise PzP' liegen, und es wird z. B. H nach h u. s. w. kommen. Derselbe Effekt wird aber auch hervorgebracht, wenn man der Erde eine sehr kleine Drehung um die Vertikale CZ des Beobachtungsortes und eine zweite entsprechende Drehung um die Horizontale CH ertheilt. Denn denken wir uns die Erde zuerst um die Vertikale CZ gedreht, bis H nach h kommt, so wird durch diese Bewegung der Meridian PZH in die Lage des punktirten Kreises pZh, also der Punkt P nach p, der Punkt H nach h u. s. w. gelangen. Allein der Punkt P als Pol soll ja keine Aenderung seiner Lage erfahren. Lassen wir also die Erde noch eine zweite kleine Drehung ausführen, und zwar um die Horizontale CH (die aber schon die neue Position Ch angenommen hat), bis der Punkt p wieder nach P zurückkommt, so wird durch diese Drehung der punktirte Kreis pZh, weil die Bewegung um den Punkt h als Pol geschieht, mit dem Kreise Pzh, d. h. mit dem Meridiane des Punktes z zusammenfallen. Während also oben zuerst angenommene Drehung der Erde um ihre wirkliche Axe den Meridian PZP' unmittelbar in die Lage PzP' bringt, versetzen die zwei Drehungen um die Vertikale CZ und um die Horizontale CH denselben Meridian PZP' successiv in die Lage pZh und dann in die Lage PzP'. Finden beide zuletzt erwähnte Drehungen zugleich Statt, so geht der Meridian PZP', wie bei der gewöhnlichen Axendrehung unmittelbar in die Lage PzP' über, und es wird also diese durch jene beiden vollständig ersetzt.

Fig. 8.



Lassen wir die Erde ihre Drehung fortsetzen, bis z nach z' kommt, so wird man dieser kleinen Drehung wieder zwei andere ihr äquivalente, eine um die Vertikale von z oder die Linie Cz, die zweite um die Horizontale von z oder die Linie Ch substituiren können, u. s. w. Es

handelt sich jetzt um die relative Grösse der drei hier in Rede stehenden Rotationen: um P, Z und h, d. h. um die relative Grösse der drei Drehungswinkel

$$ZPz \qquad HZh \text{ und } Zhz.$$

Vor allem bemerke man, dass wegen $ZCH = 90^0$ auch der Bogen $ZH = 90^0$ ist, und dass dasselbe sehr nahe auch von zh und Zh gilt. Man kann daher den Bogen Hh als das Mass des Winkels HZh und den Bogen Zz als das Mass von Zhz ansehen, und eben so kann man auch noch statt des Winkels ZPz den entsprechenden Bogen Aa des Aequators der Erde setzen, so dass wir also statt der obigen drei Drehungswinkel die drei Bogen

$$Aa \qquad Hh \qquad Zz$$

zu bestimmen haben. Nehmen wir an, die Bogen Zz, zz', $z'z''$, ... seien alle gleich gross, und jeder werde in einer Zeitsekunde zurückgelegt, so sind die ihnen entsprechenden Winkel am Pole, ZPz, zPz'.... auch alle unter sich gleich, und jeder beträgt 15 Bogensekunden. Ein gleiches gilt von den zugehörigen Bogen des Aequators; jeder, wie z. B. Aa, ist gleich 15 Sekunden. Aber der Bogen AZ ist die geographische Breite von Z, die wir mit φ bezeichnen wollen, und weil $ZH = 90^0$ ist, so ist der Bogen $AH = 90^0 - AZ = 90^0 - \varphi$. Diess vorausgesetzt, sieht man ohne Schwierigkeit, dass Hh gleich ist dem Bogen Aa multiplicirt mit dem Sinus von φ, und ebenso ist Zz gleich Aa multiplicirt mit dem Cosinus von φ. Während einer Zeitsekunde geht also in Folge der Axendrehung eine Drehung um die Vertikale CZ vor sich, welche gleich $HZh = Hh = (Aa) \,.\, sin\ \varphi = 15'' \,.\, sin\ \varphi$ beträgt. Setzt nun die Erde ihre Axendrehung noch eine Sekunde fort, wodurch z nach z' kommt, so geschieht während dieser zweiten Sekunde wieder eine Drehung um die Vertikale Cz, und der Betrag dieser Drehung ist wie vorher gleich $15'' \,.\, sin\ \varphi$. Ganz dasselbe findet in der dritten und in jeder folgenden Zeitsekunde statt. Man sieht jetzt leicht, dass nach einer vollständigen Umdrehung der Erde um ihre Axe der Gesammtbetrag der Drehung um die Vertikale des Beobachtungsortes gleich sein muss 360^0 multiplicirt mit dem Sinus von φ, und dass diese Drehung für den Beobachter, der nach und nach die Positionen Z, z, z' annimmt, im Sinne von Süd über Ost, Nord u. s. w. vor sich geht.

Gehen wir nun auf unsern Pendelversuch zurück, den wir uns oben am Pole ausgeführt gedacht haben, und stellen wir uns ein Pendel ganz von der Beschaffenheit vor, wie wir es dort angewendet, aber im Beobachtungsorte Z angebracht. Lassen wir dieses Pendel eine längere Zeit, z. B. eine Stunde oder den 24sten Theil der Umdrehungszeit der Erde, fortschwingen, so wird sich die Erde vermöge der eben auseinandergesetzten Rotation um die Vertikale, unter dem Pendel weg im Sinne von Süd nach Ost u. s. w. gleichförmig fortdrehen, und nach Verlauf einer Stunde wird sie bereits einen Winkel von $\frac{360^0}{24}\, sin\ \varphi$ $= 15^0\, sin\ \varphi$ zurückgelegt haben, so dass es dem Beobachter erscheinen wird, als ob die Schwingungsebene des Pendels, die an dieser Bewegung keinen Antheil nimmt, sich um denselben Winkel, aber im entgegengesetzten Sinne, also von Süd nach West u. s. w. um die Vertikale gedreht hätte; dasselbe gilt für jede folgende Stunde. Nach 12, 24....

Stunden hat die Schwingungsebene $180^0 . \sin \varphi$, $360^0 . \sin \varphi$, ... zurückgelegt. Für den Pol ist φ gleich 90^0, und daher der $\sin \varphi$ gleich der Einheit, und folglich die Drehung um die Vertikale in 24 Stunden gleich 360^0, wie es auch sein muss, und wie wir gleich anfangs, wo wir, um das Phänomen in der einfachsten Gestalt kennen zu lernen, den Beobachter im Pole annahmen, wirklich gefunden haben. Je näher man zum Aequator kommt, um so kleiner ist φ, also auch $\sin \varphi$, desto geringer ist also die Drehung um die Vertikale. Im Aequator ist $\varphi = 0$, und daher auch diese Drehung $= 0$, d. h. dort wird gar keine Drehung der Schwingungsebene wahrzunehmen sein. Alle Versuche, die man in Beziehung auf das eben auseinandergesetzte Phänomen angestellt hat, bestätigen dasselbe auf das genaueste, und um zu zeigen, wie man dabei zu verfahren habe, lassen wir hier die Beschreibung des von Foucault angewendeten Apparates folgen.

Zuerst erinnern wir, dass bisher vorausgesetzt wurde, der Aufhängepunkt des Pendels nehme an der täglichen Bewegung der Erde oder wenigstens an der Rotation um die Vertikale des Beobachtungsortes keinen Antheil. Allein bei einem wirklich vorzunehmenden Versuche ist man nicht im Stande, diese Bedingung zu erfüllen. Das Pendel wird immer auf einem beweglichen Boden aufgestellt sein, und die festen Theile, an denen das obere Ende des Pendelfadens befestigt ist, können der täglichen Bewegung der Erde gleichfalls nicht entzogen werden; man könnte also beim ersten Anblicke befürchten, diese Bewegung, dem Faden und der Pendelmasse mitgetheilt, werde die Lage der Schwingungsebene ändern, und so das Phänomen nicht in seiner Reinheit beobachten lassen. Indessen zeigt die Erfahrung, dass, wenn nur der Faden rund und homogen ist, man ihn beliebig rasch um sich selbst drehen lassen kann, ohne dadurch einen merklichen Einfluss auf die Lage der Schwingungsebene auszuüben, so dass das Experiment an jedem beliebigen Beobachtungsorte gelingen muss.

Foucault hat in dem höchsten Punkte eines Gewölbes ein starkes Metallstück angebracht, welches als Aufhängepunkt für den Pendelfaden dienen sollte. Dieser geht durch eine kleine Platte von gehärtetem Stahle, deren freie Oberfläche genau horizontal ist. Der Pendelfaden selbst ist von Eisendraht, sein Durchmesser im Mittel $^8/_{10}$ Millimeter, und seine Länge 2 Meter. Am unteren Ende trägt er eine polirte Messingkugel von 5 Kilogrammen Gewicht, nach unten mit einer Spitze versehen, die gewissermassen die Verlängerung des Pendelfadens ist.

Will man an das Experiment gehen, so wird man zuerst eine etwaige Torsion des Fadens, so wie die drehenden Oscillationen der Kugel wegzuschaffen suchen. Um dann das Pendel aus der Gleichgewichtslage zu bringen, umfasst man die Kugel mit einer Schlinge aus Bindfaden, dessen anderes Ende an einem Punkte der Mauer in einer geringen Höhe über dem Boden befestigt ist. Gibt man dem Faden die gehörige Länge, so wird man die Amplitude der Schwingungen des Pendels nach Belieben abändern können. Bei Foucault's Experimenten umfassten die Schwingungen in der Regel Anfangs einen Bogen von 15 bis 20 Graden. Hat man nun mit Hülfe des Fadens und der Schlinge das Pendel aus der vertikalen Lage entfernt, und ist die Kugel zur Ruhe gekommen, so brennt man den Faden ab, wodurch die Schlinge

zur Erde fällt, und das Pendel sich in Bewegung setzt. Nach einer halben Stunde ist der Betrag der Drehung der Schwingungsebene in unseren Breiten schon 5° 39′, so dass diese deutlich in die Augen fällt. Um sich zu überzeugen, ob diese Drehung wirklich mit Continuität vor sich geht, wie es sein soll, kann man sich eines vertikalen Stiftes bedienen, den man so aufstellt, dass die nach abwärts gerichtete Spitze an der Kugel des Pendels bei der grössten Ausweichung desselben von der Gleichgewichtslage jenen Stift fast berührt. In weniger als einer Minute findet das genaue Zusammentreffen beider Spitzen nicht mehr Statt; die Spitze an der Pendelkugel weicht auf der dem Beobachter zugekehrten Seite der Schwingung immer mehr gegen die Linke des Beobachters ab, was darauf hindeutet, dass die Drehung der Schwingungsebene im Sinne von Süd gegen West u. s. w. erfolgt, wie es auch sein soll. Die mittlere Grösse jener Drehung, mit Rücksicht auf die Zeit, zeigt übereinstimmend mit der Theorie, dass die Schwingungsebene unter der geographischen Breite von Paris in 24 Stunden einen Winkel von 271° zurücklegt. Foucault hat später das Experiment im Saale des Pariser Observatoriums mit einem Pendel von 11 Meter Länge ausgeführt, wo sich schon nach 2 Schwingungen eine Ablenkung der Schwingungsebene erkennen liess. Sonach wäre durch Foucault's Experiment ein sehr einfacher und augenfälliger Beweis für die Umdrehung der Erde um ihre Axe hergestellt, der noch dazu den Vorzug hat, dass jeder sich von der Richtigkeit desselben sehr leicht zu überzeugen im Stande ist; denn eine Metallkugel an einem langen und biegsamen Faden einfach aufgehängt, reicht schon hin, um die Erscheinung wenigstens in ihren Hauptmomenten deutlich zu zeigen. Wir bemerken nur noch, dass man schon im Jahr 1661 in Florenz bei Gelegenheit von Pendelversuchen die hier besprochene Ablenkung der Schwingungsebene beobachtet hat, ohne jedoch eine Erklärung davon zu geben.

Wie übrigens die Unveränderlichkeit der Ebene, in welcher das Pendel schwingt, uns hier in den Stand setzte, die Bewegung der Erde um ihre Axe zu erkennen, so kann man ihrer Lage nach beständige Ebenen auch durch sehr schnell rotirende Kreisel erzeugen, und dann an ihnen ähnliche Wahrnehmungen machen. Hierauf beruhen Foucault's Versuche mit dem Gyroskope.

§. 37. (Einwürfe gegen die Rotation der Erde.) Aber, so viele Gründe sich auch für die Existenz dieser Rotation häufen lassen mögen — und in der That könnten wir deren noch einige aus den Meeresströmungen, aus dem Dove'schen Drehungsgesetze der Winde etc. herholen — noch ist ein Einwurf unbeantwortet, den unsere Leser schon längst im Stillen gemacht haben werden. »Warum fühlen wir denn diese Bewegung der Erde nicht?« werden sie fragen.

Dieser Frage könnte man sofort mit einer andern begegnen: »Was sollen wir denn von dieser Bewegung fühlen?« — Doch nicht etwa das Rütteln und die Stösse derselben, die hier gar nicht statthaben, da gerade diese Bewegung vielleicht die einzige in der Natur ist, welche mit immer gleicher Geschwindigkeit und ohne allen Stoss vor sich geht. Fühlen wir doch auch die Bewegung des Schiffes nicht, wenn es über den glatten Wasserspiegel hingleitet, obschon wir dessenungeachtet dieser Bewegung sehr gewiss sind, weil wir alle Gegenstände am Ufer vor uns vorübereilen sehen, die doch, wie wir wohl wissen, unbe-

weglich auf demselben stehen. Und doch ist die Bewegung des Schiffes noch lange nicht so gleichförmig, wie die der Erde, da das Schiff nicht selten von Wind und Wellen hin und her getrieben wird und seinen Lauf oft ändert. — Uebrigens ist dieses Beispiel eines auf der ruhigen Wasserfläche hingleitenden Schiffes ein sehr treues Bild unserer gemeinschaftlichen Fahrt auf dem Weltenschiffe, der Erde, die wir, wenn wir sie gleich nicht unmittelbar fühlen, doch sehr gut in dem schnellen Vorübereilen der festen Inseln, der glänzenden Körper erkennen, welche aus dem unermesslichen Ocean des Himmels hervorragen. Ausser unserem Schiffe scheint Alles in Bewegung, wenn gleich in der That Alles stille steht; in demselben aber, wo sich Alles zugleich mit uns bewegt, können wir diese Bewegung unseres Schiffes nicht bemerken, nicht einmal an der Luft, die wir athmen, weil die Atmosphäre der Erde sich mit der Erde zugleich, und mit derselben Geschwindigkeit, und nach derselben Richtung bewegt.

Aber, könnte man weiter einwenden, wenn wir nun sammt unserer kugelförmigen Erde uns täglich einmal um ihre Axe drehen, ohne es zu merken, so müssen wir ja, wenn wir jetzt aufrecht stehen, zwölf Stunden später, alle den Kopf abwärts tragen, oder den Kopf unten, und die Füsse oben haben, und auch diess sollen wir nicht bemerken? —

Durch unsere Seereisen, durch unsere sogenannten Reisen um die Welt, ist es doch wohl eine ausgemachte Sache, dass wir Gegenfüssler oder Antipoden haben, d. h. dass es gegenüber von der Gegend der grossen Kugel, die wir bewohnen, auch noch Menschen und Thiere gibt, die ebenfalls wie wir auf ihren Füssen und nicht auf ihren Köpfen gehen, obschon diese ihre Füsse gegen die unseren, also in der Sprache jenes Einwurfs zu reden, aufwärts gerichtet haben. Da aber die Existenz der Antipoden durch unsere Reisen um die Welt über alle Zweifel erhoben ist, so ist auch die Möglichkeit eines solchen sogenannten aufrechten Standes derselben schon unmittelbar durch die Wirklichkeit dieses Standes erwiesen. Die Bewohner der Insel Sumatra in Ostindien sind denen der Stadt Quito in Süd-Amerika gerade entgegengesetzt, so dass eine gerade Linie, durch sie gezogen, durch den Mittelpunkt der Erde geht, und dass sie sich, wenn die Erde immer kleiner würde, endlich mit ihren Fusssohlen berühren würden. Die Sterne, die der eine gerade über sich, in seinem Scheitelpunkte sieht, werden für den anderen unsichtbar sein, weil sie in seinem Fusspunkte stehen, und von der Erde verdeckt sind. Aber nach zwölf Stunden wird umgekehrt jener dieselben Sterne in seinem Fusspunkte haben, und dieser sie über seinem Scheitel sehen. Beide stehen also in der That in einander ganz entgegengesetzten Lagen, und beide gehen doch, den Kopf aufwärts, mit ihren Füssen auf der Erde, wie alle jene Seefahrer erzählten und wie sie es auch an sich selbst erfahren haben, wenn sie die Gegenden betreten, die denjenigen, von welchen sie mit ihren Schiffen ausgefahren sind, gerade entgegen liegen. Wer diess läugnen wollte, müsste auch zugleich läugnen wollen, dass je ein Schiff diese Reise um die Welt gemacht habe.

In der That stehen auch unsere Antipoden mit ihren Füssen gegen uns, aber sie stehen dessenungeachtet aufrecht, so wie wir. Denn was nennen wir aufrecht stehen? Doch wohl: mit den Füssen gegen die Erde, und mit dem Kopfe gegen den Himmel gerichtet sein? —

Nun wohl, ganz ebenso wie wir selbst, stehen ja unsere Antipoden auch. Für uns ist oben was weiter von der Erde, und unten was näher bei der Erde ist, und ganz ebenso werden diese Worte auch von unseren Antipoden verstanden, denn auch sie glauben ohne Zweifel, dass sie den Kopf über den Füssen tragen, weil er auch bei ihnen weiter als diese von der Erde weggekehrt, weil er auch bei ihnen wie bei uns gegen den Himmel gewendet ist. Der Regen fällt für sie ganz ebenso von *d* nach *D* (Fig. 5), nämlich vom Himmel zur Erde herab, wie er bei uns von *a* nach *B* zur Erde herabfällt, und beide Richtungen *dD* und *aB*, wenn sie gleich an sich entgegengesetzt sind, sind es doch nicht mehr in Rücksicht auf die Bewohner der Erde, die alles auf den Mittelpunkt *C* derselben beziehen, da für sie der Regen, so wie auch jeder andere Körper, immer in derselben Richtung, nämlich immer gegen den Mittelpunkt der Erde fällt. — Und wohin sollte er denn auch von *D* nach *d*, von der Erde wegfallen? Er fällt von *a* nach *B*, weil ihn die Erde nach ihrem Mittelpunkte *C* anzieht. Von *D* nach *d* hin aber zieht ihn nichts an, umgekehrt vielmehr: von *d* nach *D* hin wird er angezogen, und zwar wieder, wie zuvor, nach dem Mittelpunkt *C* der Erde, daher er denn auch von *d* nach *D* fallen, und daher eben durch diesen Fall derselben Richtung nach dem Mittelpunkte folgen muss, welchem er in seinem Falle von *a* nach *B* gefolgt war.

Warum fallen aber dann, hört man die Leute sagen, nicht auch Sonne, Mond und Sterne zur Erde, wenn diese Alles zu ihrem Mittelpunkte anzieht? — So können aber nur diejenigen fragen, die nicht wissen, dass kein Körper in der Natur seine Stelle ändert, ohne dass er durch eine fremde Kraft dazu gezwungen wird. Wenn der Stein auf unserer Erde gehalten werden muss, damit er nicht falle, so kommt diess daher, weil er von der Kraft der Erde, von der Schwere angezogen wird. Aber die Sterne werden von ihr nicht mehr angezogen, weil die Erde viel zu klein, und weil sie zugleich viel zu weit von ihnen entfernt ist, um noch auf sie wirken zu können, daher denn auch die Sterne keiner Unterstützung bedürfen, um dieser Anziehung der Erde entgegen zu wirken. Sie sind in den weiten Räumen, in welchen wir sie erblicken, nicht befestigt, und sie haben es auch nicht Noth, weil nichts da ist, was sie aus ihrer Stelle bringen könnte.

Was den Mond betrifft, so fällt er allerdings beständig gegen die Erde; die Sonne endlich steht in einer ähnlichen Wechselwirkung mit unserem Planeten, nur dass sie als der bei weitem mächtigere Körper eigentlich diesen anzieht, statt von ihm angezogen zu werden — Erscheinungen, die weiter unten näher zu erörtern wir uns vorbehalten müssen. — Doch genug, und vielleicht schon mehr als genug über einen Gegenstand, der wohl in früheren Zeiten manche sogenannte gelehrte Streitigkeit, und selbst manchen Kampf anderer Art veranlasste, der aber in unseren Tagen so oft und von so vielen Seiten erörtert worden ist, dass die wahre Ansicht desselben selbst schon bis zu dem gemeinen Manne vorgedrungen, und dass noch weitere Zweifel darüber nur Unwissenheit oder Unverstand verrathen können.

Kapitel III.

Jährliche Bewegung der Sonne.

§. 38. (Erste Erscheinungen.) Wir haben im Vorhergehenden gesehen, dass der ganze Himmel mit allen seinen Gestirnen sich täglich von Ost gegen West zu drehen scheint, und dass die wahre Ursache dieser Erscheinung in der Erde liegt, die sich in derselben Zeit, aber in entgegengesetzter Richtung, von West gegen Ost um ihre Axe dreht, während der sie rings umgebende Himmel mit seinen Sternen in Ruhe bleibt. Allein wenn wir diese Gestirne einzeln näher betrachten, so finden wir bald, dass einige derselben eine merkwürdige Ausnahme von dieser allgemeinen Ruhe des Himmels machen. Bei weitem die meisten Sterne kommen nämlich am Ende eines jeden Tages immer wieder genau an denselben Ort, wo wir sie am Ende der vorhergehenden Tage gesehen haben. Auch behalten sie unter sich selbst immer dieselbe Lage unverändert bei, so dass z. B. solche Sterne, welche eine gerade Linie, ein Dreieck, einen Kreis unter sich bilden, diese Gestalt ihrer Gruppirung am Himmel nicht weiter ändern. Aber unter diesen in der That zahllosen Sternen, die ihren Ort am Himmel gleichsam fixirt haben, und die man daher Fixsterne nennt, gibt es doch auch einige, welchen diese Benennung nicht zukommt, da man sie ihre Stelle am Himmel ändern und mit verschiedenen Geschwindigkeiten und nach allen Richtungen von einem Fixsterne zum andern wandern sieht. Man hat sie daher Wandelsterne oder Planeten (πλάνη, das Herumirren) genannt. Ein solches Gestirn ist z. B. der Mond. Wenn man ihn durch mehrere aufeinanderfolgende Nächte nur mit einiger Aufmerksamkeit betrachtet, so findet man, dass er unter den fixen Gestirnen des Himmels von West gen Ost mit einer gewissen, sehr auffallenden Regelmässigkeit fortgeht; dass die Sterne, bei welchen wir ihn z. B. gestern um Mitternacht sahen, heute um dieselbe Zeit schon nahe dreizehn Grade westlich von ihm stehen, und dass er überhaupt seinen östlichen Umlauf an dem gestirnten Himmel in nahe 27¼ Tagen vollendet. Aehnliche, nur bei weitem weniger regelmässige Bewegungen bemerken wir noch an einigen anderen Himmelskörpern, die wir später näher kennen lernen werden. Ja selbst die Sonne scheint zu diesen Wandelsternen zu gehören, da auch sie ihren Ort unter den Sternen des Himmels mit jedem Tage ändert.

§. 39. (Woran die Bewegung der Sonne erkannt wird.) Es mag allerdings schon etwas mehr Aufmerksamkeit und Ueberlegung erfordert haben, diese Bewegung der Sonne zu erkennen, weil dieser Weltkörper Alles um sich her verschwinden macht, nämlich die ganze Umgegend so mit seinem Lichte erfüllt, dass dadurch die Sterne, diese festen Punkte des Himmels, mit welchen man den täglichen Stand der Sonne vergleichen könnte, ganz unsichtbar werden. Allein, wenn auch diese Sterne, welche wir an unserem nächtlichen Himmel erblicken, unter sich selbst immer dieselbe Lage behalten, so sieht man doch auch nicht zu allen Zeiten immer dieselben Sterne. Das Schauspiel, welches sie uns dar-

bieten, verändert sich mit jedem Tage etwas, und völlig derselbe Auftritt kommt genau um dieselbe Jahreszeit wieder. So sehen wir z. B. das schöne und allgemein bekannte Sternbild Orion in der Mitte des Decembers um Mitternacht am höchsten über dem Horizonte, oder im Meridian (Einl. §. 14). Allein vierzehn Tage darauf, oder im Anfange eines jeden neuen Jahres erblicken wir dieses Sternbild schon viel früher an jenem Orte, nämlich gegen 11 Uhr Abends; am 1. Februar noch früher, gegen 9 Uhr; am 1. März schon um 7 Uhr u. s. w., so dass also dieses Sternbild am Ende eines jeden Monats zur Zeit der Mitternacht um nahe 30 Grade weiter gegen Westen steht, als es am Anfange dieses Monats stand. In der Mitte des März ist es schon so weit gegen West vorgerückt, dass die Mitte dieses Sternbildes oder der sogenannte Jakobsstab zur Zeit der Mitternacht bereits untergeht. Auf dieselbe Weise wird man bemerken, dass solche Sternbilder, die in einer gewissen Jahreszeit um Mitternacht aufgehen, sechs Monate später um Mitternacht untergehen. Nicht minder bekannt ist der schöne Stern Aldebaran, der grösste der Hyaden im Sternbilde des Stiers. Um die Mitte des Mai sieht man ihn noch bald nach Sonnenuntergang auf der Westseite in der Nähe der Sonne, nach welcher er etwa in einer Stunde ebenfalls untergeht. Gegen das Ende dieses Monats sieht man ihn gar nicht mehr, weil die Sonne an dieselbe Stelle des Himmels gekommen ist, die Aldebaran einnimmt. Aber gegen das Ende des Junius erblickt man ihn wieder auf der Ostseite einige Augenblicke kurz vor dem Aufgange der Sonne, und nun sieht man ihn mit jedem folgenden Tage immer früher vor der Sonne aufgehen, so dass er also auch immer länger in den letzten Stunden der Nacht sichtbar bleibt, bevor er in dem Lichte der aufgehenden Sonne oder mit dem Anbruche des hellen Tages verschwindet. Die Alten waren auf diese Verschwindung der Sterne oder auf die Zeit, wo ein Stern mit der Sonne zugleich auf- und untergeht, sehr aufmerksam, und sie nannten dieselbe den cosmischen Auf- und Untergang, so wie sie die Zeit, wo der Stern kurz vor dem Aufgange der Sonne auf-, und kurz nach dem Untergange derselben untergeht, den helischen Auf- und Untergang des Sterns hiessen. Aus der Wiederkehr dieser Phänomene, also aus dem Ein- und Austritte gewisser Sterne in und aus den Sonnenstrahlen, schloss man ganz recht, dass auch die Sonne wieder an derselben Stelle des Himmels sei, dass sie also in der Zwischenzeit ihren ganzen Umlauf um die Erde zurückgelegt habe. Man nennt diese Zeit eines Umlaufs der Sonne bekanntlich das Jahr, und die Alten wurden, eben durch diese Art von Beobachtungen, bald gewahr, dass die Länge oder die Dauer dieses Jahrs nahe 365 ¼ Tage betrage.

Am deutlichsten bemerkt man dieses Fortrücken der Sonne, wenn man auf diejenigen Sterne merkt, die zu verschiedenen Jahreszeiten um Mitternacht am höchsten in Süden stehen, also eben durch den Meridian (Einl. §. 14) des Beobachters gehen. Im Anfange des Frühlings sehen wir um Mitternacht am südlichen Himmel die Sternbilder des Löwen und der Jungfrau; in den ersten Sommernächten, zur Zeit der Mitte des Junius, das Sternbild des Hercules und die zwei schönen Sterne Wega in der Leier und Atair im Adler; im Anfange des Herbstes den Pegasus, die Kassiopeia und Andromeda, im Anfange des Winters endlich oder gegen das Ende des Jahres den Stier mit den oben erwähn-

ten Hyaden und den Pleiaden, ferner Sirius, den grössten aller Fixsterne, und Orion, das schönste aller Sternbilder. Da nun alle diese in den verschiedenen Jahreszeiten um Mitternacht culminirenden, also in diesen Jahreszeiten der Sonne gegenüberstehenden Sterngruppen in der oben angeführten Ordnung von West gegen Ost um den Himmel liegen, so muss auch die Sonne selbst in ihrer jährlichen Bewegung sich in derselben Richtung, oder ebenfalls von West gegen Ost bewegen.

Uebrigens lassen sich diese Erscheinungen allerdings auch eben so gut durch eine eigene Bewegung der Sonne gegen Ost, als durch eine gemeinschaftliche Bewegung des gesammten Himmels mit allen seinen zahllosen Fixsternen gegen West erklären. Wenn wir aber nicht wieder, wie in dem vorhergehenden Kapitel bei der Rotation der Erde, in den Widerspruch fallen wollen, die ganze Welt um einen einzigen Punkt zu bewegen, bloss weil wir diesen Punkt, ohne allen weiteren Grund, für unbeweglich gelten lassen wollen, so werden wir sofort für die erste dieser Erklärungen, für eine Bewegung der Sonne gegen Ost stimmen müssen, um so mehr, als der Mond und alle übrigen oben erwähnten Planeten ebenfalls, und zwar mit ganz andern Geschwindigkeiten, und nach ganz andern Richtungen ihren Ort unter den Sternen des Himmels ändern.

Wir sind also, unseren Beobachtungen und den daraus gezogenen Schlüssen gemäss, gleichsam gezwungen anzunehmen, dass die Sonne eine eigene Bewegung von West gegen Ost habe, und dass sie diesen ihren Weg um die Erde in einem Jahre vollende, oder dass sie auf diesem ihrem Wege täglich etwas weniger als einen Grad (genauer 0.986 eines Grades) gen Ost weiter rücke. — Diess von der Zeit, oder, was dasselbe ist, von der Geschwindigkeit, mit welcher die Sonne um uns geht. Welches ist aber die Lage dieser Bahn der Sonne am Himmel? Ist sie mit dem Aequator parallel, oder bildet sie mit dem Aequator irgend einen Winkel, und welchen?

§. 40. (Die Sonnenbahn ist gegen den Aequator geneigt.) Wenn diese Bahn der Aequator selbst oder doch ihm parallel wäre, so müsste die Sonne für jeden bestimmten Ort der Erde, z. B. für Wien, durch das ganze Jahr offenbar immer an demselben Punkte des Horizonts, etwa immer bei derselben Bergspitze auf- und untergehen, wie wir diess bei den Fixsternen in ihrer täglichen Bewegung bemerken. Beschriebe sie z. B. den Parallelkreis des Aldebaran am Himmel, so müsste sie auch alle Tage des Jahrs in demjenigen Orte des Horizonts auf- und untergehen, in welchem wir diesen Fixstern, und eben so alle andern Punkte seines Parallelkreises auf- und untergehen sehen. Auch müsste dann ihre Sichtbarkeit über unserem Horizont, d. h. die Länge des Tages, während des ganzen Jahres immer gleich gross, nämlich dieselbe mit der Sichtbarkeit des Aldebaran selbst sein. — Allein diess widerspricht allen unsern Erfahrungen. Die Längen unserer Tage sind, wie wir Alle wissen, sehr ungleich, da sie z. B. für Wien im Winter, wenn sie am kürzesten sind, nur 8 St. 10 M., und im Sommer, wenn sie am längsten sind, 16 St. 6 M. dauern. Auch geht, wie nicht weniger allgemein bekannt ist, die Sonne im Sommer sehr viel näher bei Norden auf und unter, als im Winter, wie sie denn auch in jener Jahreszeit im Mittag viel höher steht, als in dieser. Die beiden äussersten Punkte des Hori-

zonts, bei welchen die Sonne im Sommer und im Winter auf- und eben so jene, bei welchen sie untergeht, bilden in unsern Gegenden den sehr beträchtlichen Winkel von 73 Graden, und dieser Winkel ist für nördlicher liegende Länder noch viel grösser. — Eine nur geringe Aufmerksamkeit auf diese so auffallenden Unterschiede musste daher auf die Idee leiten, dass die Sonne in ihrer eigenen Bewegung von West gegen Ost auch zugleich von einem Parallelkreise zum andern übergeht, und dass also die Bahn, welche sie während des ganzen Jahres zurücklegt, gegen alle jene Parallelkreise unter einem gewissen Winkel geneigt ist, so dass alle diese Parallelkreise von der Sonnenbahn unter demselben bestimmten Winkel geschnitten werden.

§. 41. (Vorläufige Bestimmung der Sonnenbahn.) Allein, wie gross ist dieser Winkel, oder mit andern Worten: welches ist die wahre Lage der Sonnenbahn am Himmel, und welches sind die Sterne, durch welche sie geht?

Wenn wir auch die Sterne, in deren Nähe die Sonne sich aufhält, wegen des zu starken Lichtes der letztern nicht sehen, so können wir dafür, und diess wird uns zu demselben Ziele führen, diejenigen Sterne des Himmels desto besser sehen, die der Sonne gerade gegenüberstehen. Denn so wie wir die Zeit des Tages Mittag (Einl. §. 26) nennen, wann die Sonne im Süden ihre grösste Höhe über dem Horizonte erreicht, oder durch den oberen Theil des Meridians geht, so nennen wir auch Mitternacht die Zeit, wann die Sonne im Norden am tiefsten unter dem Horizonte steht, oder in ihrer uns unsichtbaren, untern Culmination (Einl. §. 26) ist. Da man nun bereits weiss, dass die Sonne ihren Kreislauf um die Erde in der Zeit eines Jahres von 365 ¼ Tagen zurücklegt, so kann man daraus schliessen, dass sie sich jedesmal nach einem halben Jahre wieder in dem Punkte des Himmels befinden werde, der jenem gerade entgegengesetzt ist, in welchem sie sich heute befindet. Hätte man also einmal z. B. an dem kürzesten Tage des Jahres die mittägige Höhe der Sonne gemessen, wozu man sich einer senkrecht in dem Boden errichteten Stange oder einer Mauer bedienen könnte, so müsste ein halbes Jahr nachher, in der Mitte der kürzesten Nacht, derjenige Punkt der Sonnenbahn, in welchem sie sich vor einem halben Jahre befand, wieder über der Stange oder über der Mauer stehen, wenn nämlich das Auge des Beobachters auch wieder dieselbe Stelle einnähme. Diesen Punkt der Sonnenbahn könnte man sich aber leicht merken, weil man an dieser Stelle Sterne sähe. Auf diese Weise könnte man an mehreren Tagen verfahren, und so alle die Sterne des Himmels, durch welche die Sonne ihren Weg nimmt, und zugleich die Zeit bestimmen, wann sie zu diesen Sternen kommt.

Diese Beobachtungsart mag vielleicht die erste gewesen sein, die man befolgt hat, um die Bahn der Sonne am Himmel zu bestimmen. Allein sie ist weder sehr bequem, noch auch genau zu nennen, da das erwähnte Alignement mit einer Stange oder einer Mauer keiner grossen Schärfe fähig ist, und da endlich, wie wir später sehen werden, die Sonne in ihrer Bahn nicht gleichförmig, sondern bald geschwinder, bald langsamer fortgeht, so dass dadurch die vorhergehende Voraussetzung, dass sie in einem halben Jahre genau in dem entgegengesetzten Punkte ihrer Bahn sei, unrichtig und mit dieser Voraussetzung auch die ganze Methode, wenn man durch sie ein genaues Resultat verlangt, unbrauchbar

wird. Uebrigens konnte man sich die lästige Wiederholung dieser Beobachtungen ersparen, da in der That schon ein einziger Tag hinreicht, die Lage der Ekliptik auf diese, obschon unzuverlässige Weise zu bestimmen, wenn man nämlich dazu, wie zuvor, den längsten oder auch den kürzesten Tag des Jahres nimmt.

§. 42. (Vereinfachung dieser genäherten Bestimmung der Sonnenbahn.) Man wusste nämlich bereits, dass gegen die Mitte des März und Septembers für die ganze Erde die Länge des Tages eben so gross als die Nacht sei, und dass daher (Einl. §. 24. *II.*) an diesen beiden Tagen die Sonne im Aequator sein, also auch hier die Ekliptik den Aequator schneiden müsse, weil dieser, grösste Parallelkreis der einzige ist, für welchen der Tag- und Nacht-Bogen gleiche Grösse hat. Da aber der Aequator den Horizont in zwei Punkten, die von Süd und Nord gleich weit entfernt sind, oder in dem Ost- und Westpunkte (Einl. §. 16) schneidet, so war es genug, nur an einem jener beiden Tage der Nachtgleichen den Auf- und Untergang der Sonne zu beobachten, um sofort auch in seinem Horizonte diejenigen zwei Punkte aufzufinden, welche dem Ost- und Westpunkte entsprechen. Hatte man aber einmal diese beiden Punkte, so durfte man nur noch an demselben Tage, z. B. um Mittag, die Sonne ansehen, und sie, etwa nach dem Augenmasse, mit jenen zwei Punkten verbinden, um sofort die Lage des Aequators am Himmel gleichsam mit einem Blicke zu übersehen. Genauer wird man diese Lage erhalten, wenn man eine Ebene, z. B. eine Tafel, durch jene beiden Punkte, den Ost- und Westpunkt des Horizonts, legt, und dann diese Tafel um die durch jene zwei Punkte gehende Linie, als um eine Axe, so lange dreht, bis das in dieser Tafel stehende Auge des Beobachters die Sonne in der Ebene der Tafel erblickt, um dadurch sogleich die Hälfte desjenigen Kreises zu bestimmen, den der Aequator am Himmel bildet, woraus sich dann die andere Hälfte von selbst ergibt.

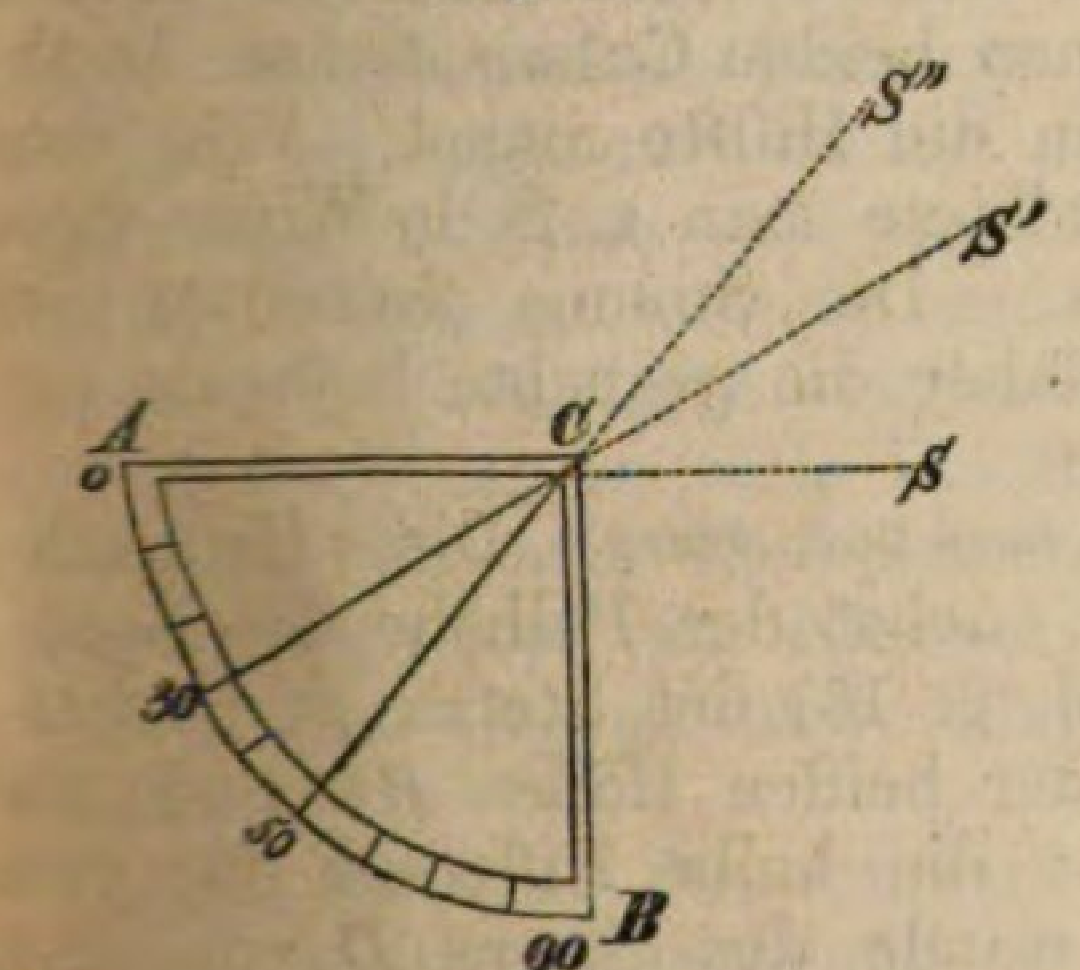
Ganz auf dieselbe Weise wird man nun auch mit der Ekliptik verfahren, nur wird man dazu nicht die Tage der Nachtgleichen, sondern die der Solstitien d. h. den längsten oder auch den kürzesten Tag des Jahres wählen. Wir haben bereits gesehen, dass die Sonne an den zwei Tagen der Nachtgleichen in der Ebene des Aequators ist, wo sie dem Horizont in zwei einander gegenüberstehenden Punkten, in Ost und West, begegnet. Die beiden Punkte des Aequators, welche sie an diesen zwei Tagen einnimmt, müssen also auch zwei Punkte der Sonnenbahn sein, und da diese zwei Punkte einander genau entgegengesetzt sind, so wird diese Sonnenbahn den Aequator in zwei gleiche Theile theilen, und demnach (Einl. §. 6) selbst ein grösster Kreis des Himmels sein. Man nennt diese beiden der Ekliptik und dem Aequator gemeinschaftlichen Punkte die Aequinoctial- oder Nachtgleichenpunkte, und zwar den einen, wo die Sonne im Anfange des Frühlings, um den 21. März, ist, den Frühlingspunkt, und den andern, welchen sie im Anfange des Herbstes, um den 22. September, einnimmt, den Herbstpunkt. — Zur Zeit der Solstitien aber, ein Vierteljahr vor und nach der Zeit der Nachtgleichen, ist die Sonne in der Mitte zwischen dem Frühlings- und Herbstpunkte, oder von jedem dieser Punkte um 90 Grade entfernt. Man darf daher nur am Mittage eines dieser beiden Tage, deren einer der längste, und der andere der kürzeste Tag des Jahres

ist, die Sonne im Meridian beobachten, um sofort drei Punkte zu übersehen, die alle in der Ebene der Ekliptik liegen, nämlich den Mittelpunkt der Sonne im Süden und die beiden bereits bekannten Punkte Ost und West des Horizonts, die an dem Mittag dieser beiden Tage mit den beiden Nachtgleichenpunkten zusammenfallen, wo dann wieder eine durch diese drei Punkte gelegte Ebene, wenn man sie bis an den Himmel verlängert, an demselben den gesuchten grössten Kreis der Sonnenbahn oder der Ekliptik anzeigen wird. Man nennt diese beiden Punkte der Ekliptik, die von dem Aequator am weitesten abstehen, die Solstitial- oder Wendepunkte, und zwar den höchsten, den die Sonne gegen den 21. Junius einnimmt, die Sommerwende, und den tiefsten, wo sie am 22. December ist, die Winterwende.

§. 43. (Quadrant als Instrument zum Höhenmessen.) Allein da man auf diese Weise wie gesagt weder die Ekliptik, noch auch selbst den Aequator am Himmel mit grosser Genauigkeit angeben kann, so wird man, da diese beiden Kreise für die gesammte Astronomie von der äussersten Wichtigkeit sind, noch auf andere Mittel bedacht sein müssen, die Lage derselben mit der grössten Schärfe festzusetzen, und hier ist es, wo wir zuerst gezwungen sind, zu eigentlichen astronomischen Beobachtungen, mit Hülfe eines Instrumentes, unsere Zuflucht zu nehmen.

Es ist leicht, sich ein Instrument vorzustellen, mit welchem man die Höhe der Gestirne, und überhaupt die Höhe aller Gegenstände messen kann. Sei z. B. *ACB* (Fig. 9) eine ebene Tafel in der Gestalt des vierten Theiles eines Kreises ausgeschnitten, so dass der Punkt *C* der Mittelpunkt dieses Kreises, und der Winkel 0. *C*. 90 gleich einem rechten Winkel ist. Die Peripherie *AB* dieses Quadranten sei in seine einzelnen Grade, und selbst in die kleineren Theile des Grades eingetheilt, und um den Mittelpunkt *C* bewege sich, als um eine Axe, ein Fernrohr oder ein Diopter so, dass dessen Länge in allen Punkten des Quadranten mit der Ebene desselben parallel bleibe. Man denke sich nun dieses Instrument an einem Pfeiler oder an einer Wand so befestigt, dass die Ebene *ABC* desselben genau vertikal (Einl. §. 8) und der höchste Halbmesser *CA* desselben vollkommen horizontal ist.

Fig. 9.



Zeigt in diesem Zustande das Fernrohr, wenn es in die Lage des höchsten Halbmessers *CA* gebracht wird, dem Auge des Beobachters in 0 den Stern *S*, so wird dieser Stern in dem Horizonte des Beobachters liegen, oder seine Höhe wird Null sein. Wird aber das Fernrohr in die Lage des Halbmessers *C* 30 gebracht, und sieht dann das Auge in 30 den Stern *S'*, so wird, da 0*CS*, nach der Voraussetzung, eine horizontale Linie ist, die Höhe des Sterns *S'* gleich dem Winkel *SCS'* sein, oder. da die Scheitelwinkel *SCS'* und 0 *C* 30 einander gleich sind, so wird die Höhe des Sterns *S'* über dem Horizonte *CS* des Beobachters 30 Grade betragen, und eben so wird die Höhe des Sterns *S''* gleich *SCS''* oder 0 *C* 50 d. h. gleich 50 Graden sein u. s. w. Man sieht, dass ein Instrument

dieser Art, wenn es mit Sorgfalt gebaut und mit Umsicht behandelt wird, die Höhen der Gestirne mit grosser Genauigkeit anzugeben vermag.

§. 44. (Bestimmung der Polhöhe durch Beobachtung.) Dieses vorausgesetzt, wollen wir nun dieses Instrument, ohne die vertikale Lage seiner Ebene und die horizontale Lage seines höchsten Halbmessers *AC* zu ändern, in die ebenfalls vertikale Ebene (Einl. §. 14) des Meridians, und zwar so bringen, dass die Seite *C* desselben gegen Nord und die Seite *A* gegen Süd gekehrt ist. Beobachten wir in dieser Stellung des Quadranten die Höhe eines dem Weltpole *N* (Fig. 1 oder 2) nahen Sterns, der nicht mehr auf- und untergeht, und daher (Einl. §. 26) den sichtbaren Theil des Meridians täglich zweimal durchschneidet. Zur Zeit seiner oberen Culmination in *D* ist die Höhe des Sterns *HD*, und zwölf Stunden vor- oder nachher, zur Zeit seiner unteren Culmination in *B* ist die Höhe desselben *HB*. Da aber (Einl. §. 24) alle Punkte eines Parallelkreises von einem und demselben Weltpole gleichweit abstehen, so ist *BN* gleich *ND*, so dass man daher sagen kann, die beiden beobachteten Höhen des Sternes sind

in der obern Culmination gleich *HN* mehr *ND*,
in der untern Culmination gleich *HN* weniger *ND*,

woraus folgt, dass das Mittel aus beiden Höhen gleich *HN* oder gleich der Polhöhe (§. 18. *I.*) des Beobachtungsortes ist, welche Polhöhe zugleich den Abstand des Beobachters von dem irdischen Aequator, d. h. die geographische Breite (Einl. §. 18 und 23) desselben ausdrückt.

Man erhält also die Polhöhe eines Ortes, wenn man die Höhen eines nicht untergehenden Sternes in seinen beiden Culminationen beobachtet, und von der Summe dieser Höhen die Hälfte nimmt. Von dem bereits oben erwähnten Polarstern beobachtete man z. B. in Wien diese beiden Höhen $49^0\ 48'.8$ und $46^0\ 36'.4$. Die Summe derselben ist $96^0\ 25'.2$ und ihre Hälfte $48^0\ 12'.6$ ist daher die gesuchte Polhöhe von Wien.

§. 45. (Bestimmung der Declination der Sterne durch Beobachtung.) Diese Beobachtungsart gibt zugleich ein gutes Mittel, nebst der Polhöhe des Beobachtungsortes auch die Declination (Einl. §. 13) des Sterns zu bestimmen. Es ist nämlich der Unterschied der beiden Höhen *HD* und *HB* gleich *BD* oder gleich 2*ND*, das heisst: die halbe Differenz der zwei beobachteten Höhen ist gleich dem Abstande des Sterns *D* von dem Pole *N*, oder gleich *ND*, und da *NQ* gleich 90^0 ist, so ist *QD* gleich 90^0 weniger *ND*, oder mit andern Worten: Man erhält die Declination des beobachteten Sterns, wenn man die halbe Differenz seiner beiden Höhen von 90 Graden subtrahirt. In unserem Beispiele waren die beiden Höhen $49^0\ 48'.8$ und $46^0\ 36'.4$, also ist ihre halbe Differenz $1^0\ 36'.2$, und diese von 90 Graden abgezogen, gibt $88^0\ 23'.8$ für die gesuchte Declination des Polarsterns.

§. 46. (Bestimmung der Declination aller übrigen Sterne durch Beobachtung.) Die vorhergehende Methode ist, wie man sieht, nur auf die dem Pole nahen Sterne, welche nicht mehr untergehen, oder nur auf die sogenannten Circumpolarsterne anwendbar. Allein sie lässt sich, wenn durch sie einmal die Polhöhe des Beobachtungsortes bekannt ist, auch auf alle übrigen Gestirne des Himmels fortführen.

Da man nämlich bereits die Polhöhe *HN* (Fig. 1, 2) seines Ortes kennt, so kennt man auch die Aequatorhöhe *RQ* desselben, weil (nach Einl. §. 18. *I.*) die Summe dieser beiden Höhen immer einen rechten Winkel beträgt, oder weil die Aequatorhöhe immer gleich 90° weniger der Polhöhe ist. So haben wir oben für die Polhöhe von Wien 48° 12′.6 gefunden, woraus also folgt, dass die Aequatorhöhe dieses Ortes 41° 47′.4 beträgt, d. h. die Bewohner Wiens sehen den Nordpol *N* des Aequators in der Höhe von 48° 12′.6 über ihrem Horizonte, und daher auch den höchsten Punkt *Q* des Aequators in der Höhe von 41° 47′.4.

Dieses vorausgesetzt, wollen wir nun unsern Quadranten (Fig. 9) aus seiner frühern Lage um die Linie *CB* als um eine Axe drehen, bis die Ebene des Instrumentes wieder in dem Meridian liegt, aber die Seite *C* gegen Süd und *A* gegen Nord gewendet ist, und dann die Linie *AC*, wie zuvor, wieder horizontal stellen. Beobachtet man mit dem Instrumente in dieser Lage die Höhe *RS* (Fig. 1) eines Sterns auf der Südseite des Zenits zur Zeit seines Durchgangs durch den Meridian *ZR*, so wird man nur von dieser Höhe *RS* die bereits bekannte Aequatorhöhe *RQ* abziehen, um sofort die gesuchte nördliche Declination *QS* des Sterns zu erhalten. Geht aber der Stern unter dem Aequator, zwischen den Punkten *R* und *Q*, durch den Meridian, so wird man umgekehrt die beobachtete Höhe des Sterns von der Aequatorhöhe abziehen, um die südliche Declination (Einl. §. 13) des Sterns zu erhalten, wie diess alles bereits in der Enleitung (§. 27) angeführt worden ist.

§. 47. (Genauere Bestimmung der Lage der Sonnenbahn gegen den Aequator.) Was so eben von den auf der Südseite des Zeniths culminirenden Sternen gesagt worden ist, gilt unverändert auch von dem grossen Gestirn des Tages, von unserer Sonne. Jeden Mittag wird man mit jenem Instrumente ihre Meridianhöhe messen, und, indem man dieselbe mit der bereits bekannten Aequatorhöhe vergleicht, daraus ihre Declination ableiten, und auf diese Weise so viele Punkte, in Beziehung auf den Aequator, bestimmen, als man Beobachtungstage hat, und diese Punkte oder ihre entgegengesetzten am Himmel werden alle in der gesuchten Ebene der Sonnenbahn liegen, und daher die Lage dieser Bahn am Himmel bezeichnen.

Zu unserem Zwecke wird es aber, wie schon oben (§. 42) bemerkt wurde, genügen die Sonne nur zur Zeit des Solstitiums zu beobachten, wo sie am weitesten von dem Aequator entfernt ist, oder wo sie von den beiden Aequinoctien um 90 Grade absteht. Wenn die Sonne zur Zeit des Solstitiums im Meridian oder Mittag ist, so stehen nämlich die beiden Aequinoctien in dem Ost- und Westpunkte des Horizonts. Für diese Lage ist aber der Bogen des Meridians, der zwischen der Ekliptik und dem Aequator enthalten ist, d. h. für diese Lage ist die Declination der Sonne gleich der Neigung (Einl. §. 7) jener beiden Ebenen, oder gleich der sogenannten Schiefe der Ekliptik, die durch den Winkel *LVQ* (Fig. 1 oder 2) der Ekliptik mit dem Aequator ausgedrückt wird. Man braucht daher nur im Augenblicke des Solstitiums die Höhe der Sonne im Meridian zu beobachten, wo dann die Differenz dieser Höhe und der Aequatorhöhe (wie in §. 46) sogleich die grösste Declination der Sonne d. h. die gesuchte Schiefe der Ekliptik geben wird.

So beobachtete man im Jahre 1830 auf der Sternwarte in Wien die mittägige Höhe des Mittelpunkts der Sonne

am 20. Juni 65° 14′ 27″
„ 21. „ 65° 14′ 51″
„ 22. „ 65° 14′ 52″
„ 23. „ 65° 14′ 28″

die grösste dieser Höhen ist die vom 22. Junius. Subtrahirt man davon die bekannte Aequatorhöhe Wiens 41° 47′ 24″, so erhält man sofort die gesuchte Schiefe der Ekliptik gleich 23° 27′ 28″.

I. Das Vorhergehende setzt allerdings voraus, dass die Zeit des Solstitiums mit der Zeit des Mittags genau zusammenfalle, da jenes doch auch in den Vor- oder Nachmittagsstunden eintreten kann. Aber da die Aenderungen der Declinationen zur Zeit der Sonnenwende, wie man aus dem vorigen Beispiele sieht, so gering sind, so wird auch die grösste mittägige Höhe der Sonne von der eigentlichen Solstitialhöhe nur wenig verschieden sein, und daher, wenigstens in einer ersten Näherung, ohne merklichen Fehler eine für die andere genommen werden können.

Da uns demnach drei Punkte gegeben sind, in welchen die Ebene der Sonnenbahn liegt, nämlich die beiden schon früher bekannten Aequinoctialpunkte und einer der Wendepunkte derselben, und da drei Punkte die Lage einer Ebene vollkommen bestimmen, so ist dadurch auch die Lage der Ekliptik gegen den Aequator gegeben.

§. 48. (Bestimmung der Schiefe der Ekliptik und der Polhöhe zugleich.) Es wurde eben bemerkt, dass man nur einen der beiden Solstitialpunkte am Himmel zu beobachten braucht, um daraus, und aus der bereits bekannten Polhöhe die Schiefe der Ekliptik abzuleiten. Diese Polhöhe aber haben wir bereits oben (§. 44) aus den Beobachtungen der Circumpolarsterne in ihren beiden Culminationen gefunden. Allein man kann sich auch von diesen letzten Beobachtungen ganz unabhängig machen, und allein durch die Sonne sowohl die Schiefe der Ekliptik als auch die Polhöhe erhalten, wenn man nicht bloss, wie zuvor, ein einziges Solstitium, sondern wenn man, in dem Laufe eines halben Jahres, beide Sonnenwenden beobachtet. Da nämlich die Ekliptik und der Aequator grösste Kreise des Himmels sind, also auch (Einl. §. 6) sich gegenseitig in zwei gleiche Theile theilen, so werden nicht bloss die Nachtgleichen, sondern auch die beiden Wendepunkte einander genau gegenüberstehen, und die eine, nördliche Hälfte der Ekliptik wird sich eben so hoch über den Aequator erheben, als die andere unter ihn herabsteigt, so dass der Aequator selbst in der Mitte zwischen den beiden Solstitien liegen wird. Hat man daher die Sonne zur Zeit der beiden Solstitien beobachtet, so wird die halbe Differenz dieser beiden Höhen die Schiefe der Ekliptik sein, die man sonach, ohne die Polhöhe zu kennen, finden kann. Die halbe Summe jener beiden Höhen aber wird zugleich die gesuchte Höhe des Aequators sein, die, von 90 Graden subtrahirt, die Polhöhe des Beobachtungsortes geben wird (Einl. §. 18. *I.*). So beobachtete man in Wien im Jahre 1830 folgende Solstitialhöhen der Sonne:

am 22. Junius 65° 14′ 52″ und
„ 22. December 18° 19′ 56″.

Die halbe Differenz dieser beiden Zahlen, oder 23° 27′ 28″, ist die

Schiefe der Ekliptik, und die halbe Summe derselben oder 41° 47′ 24″ ist die Aequatorhöhe, also auch 48° 12′ 36″ die gesuchte Polhöhe des Beobachtungsortes.

§. 49. (Gnomon.) So einfach das (in §. 43) erwähnte Instrument, oder der Quadrant, mit welchem man die Höhe der Sterne messen kann, auch sein mag, so wird man doch wohl bemerkt haben, dass es, wenn es anders sehr genaue Resultate liefern soll, in seiner Construction sowohl, als auch in seinem Gebrauche manchen Schwierigkeiten ausgesetzt ist, welche für die früheren Künstler und Astronomen nicht so leicht zu beseitigen gewesen sein mögen. Auch ist es nur sehr spät in die beobachtende Astronomie eingeführt und erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit einer den Forderungen der Wissenschaft angemessenen Genauigkeit, besonders von den englischen Künstlern verfertigt worden. Die Alten mussten sich mit viel einfacheren Werkzeugen begnügen, und da sie sich vorzüglich mit den Beobachtungen der Sonne beschäftigten, so suchten sie auch ihre Instrumente diesen Beobachtungen gemäss einzurichten.

Das älteste und einfachste dieser Instrumente war ohne Zweifel der Gnomon, der in einer blossen Säule oder in einem geradlinigen Stabe bestand, den man vertikal auf einer horizontalen Ebene aufstellte. Aus dem Schatten, den der Gnomon, wenn er von der Sonne beschienen wurde, auf seine Ebene warf, suchte man die Höhe der Sonne über dieser horizontalen Ebene abzuleiten.

Um diess besser zu übersehen, sei ***CD*** (Fig. 7) die Höhe des vertikalen Gnomons z. B. von 30 Fuss und ***DB*** die Länge seines horizontalen Schattens von 15 Fuss. Verbindet man die beiden äussersten Punkte ***C*** und ***B*** des Gnomons und des Schattens durch die gerade Linie ***BC***, so erhält man ein geradliniges, in ***D*** rechtwinkliges Dreieck ***BCD***, und es wird nun darauf ankommen, die Grösse des Winkels ***B*** dieses Dreiecks zu bestimmen. Denn dieser Winkel ist der gesuchten Höhe der Sonne gleich, weil ein Auge in ***B*** den Mittelpunkt der Sonne in der Richtung der Linie ***BC***, also in der Höhe ***DBC*** über der horizontalen Linie ***BD*** sehen würde.

I. Aufgaben dieser Art gehören in die sogenannte ebene Trigonometrie, die einen interessanten Theil der Geometrie ausmacht, und die uns lehrt, wie man, wenn von den Seiten und Winkeln eines Dreiecks drei Stücke gegeben sind, die andern drei durch Rechnung finden kann. So sind hier zwei Seiten ***CD*** und ***BD*** mit dem von ihnen eingeschlossenen rechten Winkel gegeben, und der einer dieser Seiten gegenüberstehende Winkel ist zu finden. Da es gegen unsere Absicht ist, die Lehren der Trigonometrie hier vorzutragen oder auch sie bei unsern Lesern als schon bekannt vorauszusetzen, so wollen wir ein anderes Mittel angeben, Dreiecke dieser Art auch ohne jene Kenntnisse aufzulösen.

Man sieht leicht, dass der gesuchte Winkel auch in jedem andern, selbst viel kleinern, rechtwinkligen Dreiecke dieselbe Grösse d. h. dieselbe Anzahl von Graden haben werde, wenn nur das Verhältniss der beiden gegebenen Seiten ***CD*** und ***BD*** in dem kleineren Dreiecke dasselbe, wie in dem grossen ist. In dem Dreiecke des Gnomons ist aber dieses Verhältniss gleich dem der beiden Zahlen 30 zu 15 oder einfacher gleich 2 zu 1. Man verzeichne sich also auf irgend einer Ebene, z. B. auf

der des Papiers, zwei unter einem rechten Winkel in dem Punkte *d* sich durchschneidende Linien, nehme von diesem Punkte *d* auf der einen dieser Linien mittelst des Massstabs die Länge *db* z. B. von 5 Zoll, auf der andern die Länge *dc* von 10 Zoll, und vereinige dann die beiden Endpunkte *b* und *c* dieser Linie durch die gerade *bc*, so erhält man ein anderes Dreieck *bcd*, welches dem gegebenen Dreiecke des Gnomons vollkommen ähnlich ist, d. h. welches dieselben Winkel mit jenem hat, wenn gleich die Seiten der beiden Dreiecke sehr von einander verschieden sind. In diesem kleineren Dreiecke *bcd* kann man aber den Winkel an *b* mittelst des bekannten Winkelmessers (Transporteurs) bestimmen, und man wird ihn sehr nahe gleich 63° 26′ finden, ganz eben so gross wird also auch der Winkel *B* in dem grossen Dreiecke *BCD* des Gnomons sein. Es ist für sich klar, dass man diesen Winkel desto genauer finden wird, je grösser man das kleinere Dreieck macht, je besser der Winkelmesser gearbeitet ist und je mehr Sorgfalt man bei diesem Verfahren anwendet. Die oben erwähnte trigonometrische Rechnung aber wird diese Resultate immer mit noch viel grösserer Genauigkeit geben, daher es wünschenswerth wäre, sich damit näher bekannt zu machen, um so mehr, als sich diese Kenntnisse so häufig mit Nutzen anwenden, und mit einiger Aufmerksamkeit von jedem Leser in kurzer Zeit erwerben lassen.

Man findet auf diese Weise, dass die Tangente (Einl. §. 32) des Winkels *b* oder *B* gleich ist der Seite *CD* dividirt durch *BD*, oder dass man hat

$$\text{Tang. } B = \frac{CD}{BD} = \frac{30}{15} = 2$$

und wenn man nun in den oben (Einl. §. 32) erwähnten trigonometrischen Tafeln den Winkel aufsucht, dessen Tangente gleich 2 ist, so findet man für diesen Winkel 63° 26′ 5″.82.

Um das Vorhergehende auf eine Beobachtung mit dem Gnomon anzuwenden, wollen wir die allerälteste astronomische Beobachtung, die überhaupt auf uns gekommen ist, zu diesem Zwecke auswählen. Der Jesuit Gaubil, der sich in der Mitte des vorigen Jahrhunderts lange bei der Mission in China aufgehalten hat, berichtet uns aus einem alten chinesischen Manuscripte, dass der Kaiser Tschu-Kong in dem Jahre 1100 vor dem Anfange der christlichen Zeitrechnung, also zur Zeit, als Codrus in Athen und David in Judäa lebten, die Höhe der Sonne in ihren beiden Solstitien mit einem Gnomon beobachtet habe. Der Ort dieser Beobachtung war die Stadt Loyang, oder, wie sie heute genannt wird, Honan-Fu in der Provinz Honan, dem sogenannten Garten des Reiches, dessen Hauptstadt Kai-fong-fu ist. Die Höhe seines Gnomons betrug 8 chinesische Schuhe über seiner horizontalen Basis, und die Länge des beobachteten Schattens war, nach der daran angebrachten Correction (wegen des Halbmessers der Sonne und der Refraction) 1.54 chinesische Fuss im Sommer- und 13.12 Fuss im Wintersolstitium. Ohne die wahre Grösse des chinesischen Fusses zu kennen, kann man mit diesen Zahlen nach dem so eben Erwähnten verfahren, wodurch man für die Solstitialhöhe der Sonne im Sommer 79° 6′ 20″ und im Winter 31° 22′ 20″ finden wird. Daraus folgt sofort (nach §. 48), dass die halbe Differenz dieser beiden Zahlen, oder 23° 52′ 0″ die Schiefe

der Ekliptik, und die halbe Summe derselben, oder 55⁰ 14′ 20″ die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, also auch dessen Complement zu 90 Graden oder 34⁰ 45′ 40″ die Polhöhe von Honan-Fu ist.

§. 50. (Säculare Abnahme der Schiefe der Ekliptik.) Man hat gegen diese Nachricht des P. Gaubil und die Authenticität dieser altergrauen Beobachtung Zweifel erhoben, weil die von Tschu-Kong gefundene Schiefe der Ekliptik viel grösser ist, als die, welche wir in unsern Tagen beobachten. Allein ausserdem, dass die Polhöhe der Stadt Honan-Fu nach den neuern Beobachtungen derselben Missionäre sehr gut mit der von Tschu-Kong übereinstimmt, ist es auch jetzt sehr gut bekannt, dass die Schiefe der Ekliptik seit beinahe drei Jahrtausenden immer abgenommen hat. Die folgende Tafel zeigt die Schiefe, wie sie von den verschiedenen aufeinander folgenden Beobachtern gefunden wurde.

	Schiefe der Ekliptik.		
Tschu-Kong in China, 1100 vor Chr. G.	23⁰	52′	0″
Der Grieche Pytheas in Marseille, 350 v. Chr. . .	23	49	20
Der Araber Ibn-Junis in Aegypten, 1000 nach Chr.	23	34	26
Coschu-King in China, 1280	23	32	2
Ulug-Beigh in Samarkand, 1437	23	31	48
Bradley in England, 1750	23	28	18
In unsern Zeiten, 1850	23	27	32

Man sieht die mit der Zeit fortgehende Abnahme der Schiefe, und wenn die Regelmässigkeit derselben nicht immer genau der Zwischenzeit proportional ist, so ist dieses zum Theile der Unvollkommenheit jener älteren Beobachtungen zuzuschreiben. In unsern Tagen ist die Verfertigung der Instrumente so wie die Beobachtungskunst selbst so weit vorgerückt, dass man diese der Zeit proportionale Abnahme der Schiefe von zehn zu zehn Jahren genau bestimmen kann. Endlich hat man auch durch Hülfe der mathematischen Analysis in der höhern Mechanik die wahre Ursache dieser Erscheinung gefunden. Durch die Wirkung der Planeten unseres Sonnensystems auf die Bahn der Sonne wird nämlich diese Bahn dem Aequator immer näher gebracht, und diese Annäherung beträgt nach den neuesten Untersuchungen in einem Jahrhundert 48.368 Sekunden. Geht man daher von dem Jahre 1750 aus, in welchem die Schiefe der Ekliptik 23⁰ 28′ 18″ betrug, so wird man die Schiefe für jede andere Zeit, die T Jahre von 1750 entfernt ist, erhalten, wenn man das Produkt der Grösse 0″.48368 mit T von 23⁰ 28′ 18″ subtrahirt. Liegt das gesuchte Jahr vor jener Epoche von 1750, so muss dieses Produkt addirt werden. Um dieses auf das vorhergehende Beispiel anzuwenden, so hat man für den Zwischenraum von Tschu-Kong bis Bradley 1750 + 1100 = 2850 Jahre, die mit 0″.48368 multiplicirt, 0⁰ 22′ 58″ geben. Addirt man diese Grösse zu 23⁰ 28′ 18″, so erhält man für die durch jene Theorie bestimmte Schiefe Tschu-Kong's 23⁰51′16″, also nur 44 Sekunden kleiner, als sie durch den Gnomon gefunden wurde. Eine so geringe Differenz bei einer so alten Beobachtung, die überdiess ihrer Natur nach keiner so grossen Schärfe fähig ist, zeugt von der Richtigkeit der Theorie, so wie sie auch zugleich die Authenticität jener Beobachtung selbst, die man früher bezweifeln wollte, sehr schön bestätigt.

I. Wenn aber diese Abnahme der Schiefe immer mit der Zeit proportional fortgeht, so wird die Folge davon sein, dass einmal diese

Schiefe ganz verschwindet oder dass die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfällt. Eine leichte Rechnung zeigt, dass diess in $\frac{23^0\ 28'\ 18''}{0.48368}$ oder in 177547 Jahren nach dem Jahre 1750 unserer Epoche also nahe in dem Jahre 179300 unserer Zeitrechnung der Fall sein wird, und da dann die Sonne in dem Aequator einhergehen muss, so würde zu jener Zeit Tag und Nacht das ganze Jahr durch einander gleich sein oder die Erde würde einen ewigen Frühling feiern, und die beiden Extreme der Temperatur, der Sommer und der Winter, würden ganz von ihr verschwinden.

II. Allein diese Hoffnung des ewigen Frühlings ist ungegründet und wohl eben so eitel, als die des ewigen Friedens, den uns der Abbé St. Pierre so reizend geschildert hat. Es ist nämlich, wie dieselbe Theorie zeigt, nur annähernd wahr, dass die Schiefe der Ekliptik mit der Zeit immerfort proportional abnimmt und die oben aufgestellte Formel gilt, streng genommen, kaum für das ganze gegenwärtige Jahrhundert. Für die früheren und folgenden Jahrhunderte muss die angeführte Zahl 0.48368 immer, obschon nur wenig, geändert werden. Eine genauere Untersuchung des Gegenstandes zeigt, dass der analytische Ausdruck dieser Aenderung der Schiefe eigentlich gar kein der Zeit proportionales Glied, sondern bloss periodische Glieder enthält, d. h. solche, die nur eine, wenn gleich sehr lange, so doch bestimmte Zeit durch wachsen und dann wieder abnehmen, um endlich, wenn sie ihren kleinsten Werth erreicht haben, wieder allmählich zu ihrem grössten heraufzusteigen. Diesem gemäss geht also der wahre Werth der Schiefe der Ekliptik zwischen den beiden Grenzen von 21 und 28 Graden auf und ab, ohne dieselben je zu überschreiten, und die Ekliptik wird daher in der Folge der Zeiten eben so wenig mit dem Aequator zusammenfallen, als sie je in der frühesten Vorzeit senkrecht auf demselben stand. Diese Bewegung der Ekliptik ist aber so langsam, dass die Perioden, in welchen sie zwischen jenen beiden Bogen von sieben Graden wie ein ungeheures Pendel auf- und niederschwingt, viele Jahrtausende umfassen. Nach den Untersuchungen, die Lagrange über diese Perioden angestellt hat, war die Schiefe im Jahr 29400 vor Chr. in ihrem grössten Werthe von $27^0\ 31'$. Seit jener Zeit nahm sie durch 15000 Jahre ab, bis sie i. J. 14400 v. Chr. ihren kleinsten Werth $21^0\ 20'$ erreichte. Von da wuchs sie wieder durch 12400 Jahre, und war im Jahr 2000 v. Chr. in ihrem grössten Werthe $23^0\ 53'$. Seit dieser Epoche nimmt sie durch 8600 Jahre ab und wird i. J. 6600 nach Chr. ihren kleinsten Werth $22^0\ 54'$ haben, endlich von da durch 12700 Jahre wieder wachsen, bis sie i. J. 19300 nach Chr. ihren grössten Werth $25^0\ 21'$ erreicht.

Zum Schlusse dieses Gegenstandes theilen wir noch einige Nachrichten über die oben erwähnten Astronomen des Alterthums mit, da wir im Folgenden keine Gelegenheit mehr haben werden, wieder auf sie zurückzukommen.

Tschu-Kong, Bruder des Uwang, des Stifters der Dynastie Tschu, beherrschte China, während der Minderjährigkeit seines Neffen, von dem Jahre 1104 bis 1098 vor unserer Zeitrechnung. Das Andenken dieses vortrefflichen Fürsten ist jetzt noch, nach beinahe drei Jahrtausenden,

der Gegenstand der Verehrung bei den Chinesen. In dem heiligsten ihrer Bücher, dem Schu-king, dessen Verfasser der berühmte Confucius ist, wird dieser Fürst eingeführt, wie er seinen Zöglingen die weisesten Grundsätze der Moral und der Regierungskunst mittheilt. Von den vielen Beobachtungen, die er selbst gemacht hatte oder von seinen Astronomen machen liess, sind nur drei auf uns gekommen, die ältesten von allen, die sich aus der Vorzeit erhalten haben. Die zwei ersten sind die oben erwähnten Beobachtungen der Höhe der Solstitien in Loyang, und die dritte ist eine Bestimmung der Länge der Sonne zur Zeit des Wintersolstitiums von derselben Epoche. Indem er die Sonne mit dem Stern ε im Sternbilde des Wassermanns verglich, fand er die Rectascension dieses Sterns gleich $268^0\ 2'$, was mit der neueren Theorie der Astronomen eben so wohl übereinstimmt als die aus den beiden vorhergehenden Beobachtungen abgeleitete Schiefe der Ekliptik.

Nach ihm verfiel die Astronomie in diesem Lande, besonders als der barbarische Kaiser Chi-Hoanti i. J. 213 vor Chr. Geb. alle Bücher des Reiches verbrennen liess. Erst im fünften Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung erhob sich die Wissenschaft wieder unter dem Astronomen Tschu-Tschong, der um d. J. 460 zu Nanking beobachtete und die Länge des Jahres gleich 365.24282 Tage fand, nur 0.00057 Tage oder 49.2 Sekunden grösser als nach den neuesten Bestimmungen. — Während später im dreizehnten Jahrhunderte Holaku-Hekukan die Astronomie in Persien aufblühen machte, gewährte ihr sein Bruder Hobilai in China denselben Schutz, indem er den oben erwähnten Coschu-King, den berühmtesten Astronomen China's, i. J. 1271 zum Vorsteher des mathematischen Tribunals dieses Landes ernannte. Coschu-King liess viel grössere und vorzüglichere Instrumente bauen, als man bisher kannte. Das kostbarste derselben war ein Gnomon von 40 chin. Fuss Höhe, der an seinem obern Ende eine Kupferplatte mit einer kleinen Oeffnung trug. Unter ihm ist die oben angeführte Beobachtung gemacht worden. Er bestimmte überdiess die Länge der Sonne zur Zeit der Solstitien und die Länge des Jahres zu 365.2423 Tagen, genau mit unserem Gregorianischen Jahre übereinstimmend.

Ibn-Junis, einer der ausgezeichnetsten Astronomen der Araber, beobachtete in Kahira gegen das Jahr 1000 nach Chr. unter dem ägyptischen Kalifen Hakem. Sein Werk über Astronomie wurde erst zu Ende des letzten Jahrhunderts in einer Bibliothek zu Leyden gefunden, und ein Theil desselben von Caussin und Sedillot übersetzt. Seine in diesem Werke gegebenen Sonnen- und Planetentafeln werden im Oriente wegen ihrer grossen Genauigkeit gerühmt, und es enthält überdiess viele sehr schätzbare Nachrichten über die astronomischen Arbeiten der Araber und eine grosse Anzahl von Beobachtungen seit der Zeit des Kalifen Almanzor in der Mitte des achten Jahrhunderts bis auf die Zeit des Verfassers.

In Persien endlich erhob sich die Astronomie in der Mitte des elften Jahrhunderts, wo die Einwohner dieses Landes das Joch der Araber abgeworfen hatten, unter Omar-Cheian, der eine sehr sinnreiche Einrichtung des Kalenders einführte, welche in einem Cyclus von 33 Jahren zu 365 Tagen, acht Schaltjahre zu 366 Tagen enthält, wodurch die Länge des Jahres auf 365.242424 Tage gebracht wird, die nur 0.000169 Tage oder 14.6 Sekunden zu gross ist. Im dreizehnten

Jahrhunderte versammelte der König Holaku-Hekukan die besten Astronomen seines Reiches in Meragah, wo er eine prächtige Sternwarte erbaute, die der Leitung des berühmten Nassireddin anvertraut wurde. Noch mehr endlich zeichnete sich unter den Fürsten dieses Landes als eifriger Beschützer und Kenner der Astronomie Ulug-Beigh aus, der im Jahr 1430 in Samarkand, der Hauptstadt seines Reiches, eine Sternwarte erbaute und sie mit den besten Instrumenten seiner Zeit versah. Er war selbst einer der geschicktesten Beobachter, und man verdankt ihm, nebst der oben angeführten Bestimmung der Schiefe der Ekliptik, auch noch einen neuen Sternkatalog und die besten Tafeln der Sonne, des Mondes und der Planeten, die man bis zur Zeit von Tycho Brahe erhalten hat.

§. 51. (Bestimmung der Nachtgleichenpunkte durch Beobachtungen.) Indem wir nach dieser Digression zu unserem Gegenstande, der Bestimmung der Sonnenbahn, zurückkehren, müssen wir bemerken, dass wir uns bisher nur mit dem Winkel beschäftigt haben, welchen die Ekliptik mit dem Aequator bildet, da wir doch zu einer vollständigen Bestimmung der Lage der Sonnenbahn gegen den Aequator auch noch die zwei Punkte genau kennen müssen, in welchen diese beiden Ebenen einander schneiden. Zwar haben wir im Vorhergehenden (§. 42) schon ein Mittel angegeben, diese beiden Punkte d. h. die Nachtgleichen, im Aequator, wenigstens nahezu aufzufinden, indem sie, wie wir gesehen haben, an den beiden Tagen, wo die Sonne in den Solstitien ist, am Mittage mit dem schon sonst bekannten Ost- und Westpunkte des Horizonts zusammenfallen. Allein diese Bestimmung ist, wie man ohne unsere Erinnerung bemerken wird, nur sehr ungenau und unzuverlässig, und daher keineswegs geeignet, diese beiden wichtigen Punkte mit derjenigen Schärfe anzugeben, die sie in so hohem Grade verdienen, da (nach Einl. §. 22. *I. II.*) diese Punkte es sind, von welchen man die Rectascension sowohl, als auch die Länge aller Gestirne zählt, und von deren genauer Bestimmung daher unsere ganze Kenntniss des Himmels abhängt.

Sobald man durch irgend ein Verfahren dahin gelangt ist, den einen dieser beiden Punkte, z. B. den Frühlingspunkt, am Himmel mit Genauigkeit anzugeben, so kennt man dadurch auch sofort den Herbstpunkt, da, wie wir bereits wissen (Einl. §. 6), beide Punkte, als Durchschnittspunkte zweier grössten Kreise, einander gegenüber liegen, oder da sie in Länge sowohl, als in Rectascension genau um 180 Grade verschieden sein müssen. Wir wollen also sehen, wie man die Lage des ersten dieser Punkte oder die des Frühlingspunktes am Himmel bestimmen kann.

Man wird aber die Lage des Frühlingspunktes kennen, wenn man die Rectascension irgend eines der zahllosen fixen Sterne des Himmels kennt, da man nur von diesem Sterne, als von einem festen Punkte, auf dem Aequator um den Bogen, der die Rectascension dieses Sterns ausdrückt, zurückgehen darf, um am Ende dieses Bogens den gesuchten Frühlingspunkt zu erhalten. Weiss man z. B., dass der schöne Stern Schedir oder α auf der Brust der Cassiopeia die Rectascension von $7^0\,46'\,45''$ hat, so wird man nur von dem Punkte, in welchem der Declinationskreis dieses Sterns den Aequator schneidet, in dem Aequator um den Bogen $7^0\,46'\,45''$ rückwärts oder gegen West gehen, um am Ende desselben den Frühlingspunkt zu finden.

Wie sollen wir nun aber diese erste Rectascension irgend eines jener Sterne bestimmen, indem wir doch den Frühlingspunkt selbst, von dem sie gezählt werden muss, noch nicht kennen? — Da wir offenbar von diesen beiden Dingen, Ort des Frühlingspunkts und Rectascension eines Sterns, eines ohne das andere nicht finden können, so wird wohl nichts übrig bleiben als zuzusehen, ob man nicht beide zugleich suchen kann.

Da der Frühlingspunkt nur durch die Beobachtung der Sonne bestimmt werden kann, indem er eben derjenige Punkt des Himmels ist, in welchem die Sonne zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche steht, so wollen wir wieder unsern Quadranten (§. 43) in der Ebene des Meridians gegen Süden aufstellen, an ihm um die Zeit dieser Nachtgleiche an mehreren Mittagen die Höhe des Mittelpunkts der Sonne beobachten, und überdiess an einer Uhr zugleich die Zeit bemerken, wann dieser Mittelpunkt der Sonne durch den Meridian geht. Am Abend eines jeden dieser Tage wollen wir auch noch an derselben Uhr die Culmination irgend eines Sterns oder die Durchgangszeit desselben durch den Meridian des Quadranten bemerken, wobei wir voraussetzen, dass der Gang dieser Uhr gleichförmig ist und dass sie zwischen zwei nächsten Culminationen desselben Fixsterns genau 24 Stunden gebe. Diess vorausgesetzt wird also die Uhrzeit, die zwischen der Culmination der Sonne und der des Sterns an jedem dieser Beobachtungstage verfliesst, zugleich die Differenz der Rectascension dieser beiden Gestirne für den Augenblick des Mittags eines jeden dieser Tage sein.

Da die Sonne eine eigene Bewegung hat oder ihre Rectascension immer ändert und da im Gegentheile der Stern am Himmel fest steht, so wird die Zwischenzeit zwischen der Culmination der Sonne und des Sterns an jedem jener Mittage eine andere sein und man wird bald bemerken, dass diese Zwischenzeit von einem Tage zum andern sich sehr nahe gleichförmig ändert, weil nämlich die Rectascension der Sonne ebenfalls täglich nahe um dieselbe Grösse also gleichförmig wächst.

Wir haben sonach für alle diese Tage eine Reihe von Differenzen der Rectascension der Sonne und des Sterns, für den Augenblick des Mittags eines jeden dieser Tage erhalten, und die so eben bemerkte regelmässige Aenderung dieser Differenzen wird uns in den Stand setzen, durch eine einfache Proportion auch diejenige Differenz anzugeben, welche für irgend einen, von dem Mittage verschiedenen, Augenblick jener Beobachtungstage statthaben muss.

Wüssten wir also nur den Augenblick, wo der Mittelpunkt der Sonne durch den Frühlingspunkt ging, so würden wir sofort für denselben Augenblick auch die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne durch jene einfache Rechnung angeben können, und diese Differenz der beiden Gestirne wird, da eines derselben, die Sonne, im Frühlingspunkte *steht*, zugleich die Rectascension des andern, oder die gesuchte Rectascension des Sterns sein.

Demnach ist also die Auflösung unserer Aufgabe dahin reducirt, den Augenblick anzugeben, wann der Mittelpunkt der Sonne durch den Frühlingspunkt geht. Die Angabe dieses Moments hat aber keine weitere Schwierigkeit mehr. Denn da wir, wie oben gesagt, an jedem Mittage auch die Höhe der Sonne an dem Quadranten beobachtet haben, und da wir die Aequatorhöhe unseres Beobachtungsortes bereits aus

früheren Beobachtungen (nach §. 44 oder auch nach §. 48) kennen, so wird man durch eine einfache Subtraction dieser beiden Grössen (nach Einl. §. 27) auch die Declination der Sonne für den Mittag eines jeden Tages erhalten, und der gesuchte Augenblick des Durchgangs der Sonne durch den Frühlingspunkt d. h. durch den Aequator, wird derjenige sein, in welchem diese beobachtete Declination der Sonne verschwindet.

Ist also zufällig irgend eine dieser mittägigen Declinationen der Sonne gleich Null, so ist der Mittag dieses Tages zugleich der Augenblick der Culmination des Frühlingspunktes und die Differenz jener Uhrzeiten für diesen Mittag die gesuchte Rectascension des mit der Sonne verglichenen Fixsterns.

Ist, wie dieses meistens der Fall ist, keine der beobachteten mittägigen Declinationen der Sonne gleich Null, so wird man aus der erhaltenen Reihe von Declinationen die beiden kleinsten nehmen und aus ihnen, durch eine einfache Proportion, leicht den vor oder nach dem Mittage fallenden Augenblick der verschwindenden Declination ableiten. Kennt man aber diesen Augenblick, d. h. kennt man die Zeit des Durchgangs der Sonne durch den Frühlingspunkt, so wird man aus den oben erwähnten Differenzen der mittägigen Zwischenzeiten der Culminationen beider Gestirne, durch eine ähnliche Proportion, auch die Zwischenzeit für diesen Augenblick finden, und d i e s e wird die gesuchte Rectascension des beobachteten Sterns sein.

§. 52. (Erläuterung dieser Methode durch ein Beispiel.) Um das Vorhergehende durch ein Beispiel zu erläutern, wollen wir annehmen, dass man im Jahr 1830 in Wien folgende Höhen des Mittelpunkts der Sonne und die Uhrzeiten der Culminationen derselben und des Sterns α Widder beobachtet habe.

1830	Höhe der Sonne	Culminationen Sonne		Culminationen α Widder
März 19	. . 41° 8′ 31″ . .	23^h 56^m 22^s.5	Morg.	2^h 0^m 0^s
„ 20	. . 41 32 13 . .	0 0 0.9	„	2 0 0
„ 21	. . 41 55 54 . .	0 3 38.9	„	2 0 0

Da die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes 41° 47′ 24″ ist, so findet man aus den beobachteten Höhen der Sonne folgende mittägige Declinationen derselben:

	Declinationen	
März 19	. . . 0° 38′ 53″	südl.
„ 20	. . . 0 15 11	„
„ 21	. . . 0 8 30	nördl.

Man sieht daraus, dass das Aequinoctium zwischen die Mittage des 20. und 21. März fällt. Um die Zeit derselben genauer zu finden, hat man aus den beiden letzten Beobachtungen die Proportion

$$23' \; 41'' : 24^h = 15' \; 11'' : X,$$

woraus folgt $X = 15^h.3861$ oder $X = 15^h \; 23^m \; 10^s$ oder die Sonne ging durch den Frühlingspunkt am 20. März 15^h 23^m 10^s nach ihrer Culmination.

Um nun auch zu erfahren, um wie viel der Stern zu dieser Zeit in Rectascension von der Sonne abstand, wollen wir bedenken, dass oben dieser Unterschied zur Zeit der Culmination der Sonne am 20. März 1^h 59^m 59^s.1, am 21. März 1^h 56^m 21^s.1, somit am 20. März 15^h 23^m 10^s

nach der Culmination der Sonne $1^h\ 57^m\ 39^s.4$ betragen habe, also ist auch die gesuchte Rectascension des Sterns gleich derselben Grösse oder gleich $1^h\ 57^m\ 39^s.4$ oder, wenn man diese Zahl durch 15 multiplicirt, um sie in Graden auszudrücken (Einl. §. 1), gleich $29^0\ 24'\ 51''.0$.

I. Man sieht, dass diese Methode, nebst einem guten Instrumente, um die Höhen und Durchgangszeiten zu messen, auch eine genaue Kenntniss der Polhöhe erfordert. Von der letzten kann man sich grösstentheils unabhängig machen, wenn man dieselben Beobachtungen auch in der Nähe des Herbstäquinoctiums wiederholt, wo man, wenn die Polhöhe noch etwas unrichtig ist, in der einen Zeit die Rectascension des Sterns eben so viel zu gross, als in der andern zu klein finden wird, und daher die wahre Rectascension erhält, wenn man aus beiden das Mittel nimmt.

II. Kennt man aber auf diese Art einmal die Rectascension irgend eines Sterns, so darf man nur in mehreren auf einander folgenden Nächten die Culminationen dieses Sterns mit denen der andern beobachten, wo dann die Differenzen der Durchgangszeiten derselben durch den Meridian, zu der bereits bekannten Rectascension des ersten Sterns addirt, auch die Rectascensionen aller übrigen Sterne geben werden. Hat man so eine grosse Anzahl von Fixsternen in Beziehung auf Rectascension, und, durch ihre beobachteten Meridianhöhen, in Beziehung auf Declination (nach §. 46) bestimmt, so wird man sie, nach ihrer Rectascension geordnet, in einen Katalog bringen, um die Angaben desselben für jeden vorkommenden künftigen Fall zu benutzen. Will man nämlich den Ort der Sonne oder den eines Planeten für irgend einen Tag durch Beobachtung bestimmen, so wird man ihn mit irgend einem dieser in dem Sternkatalog bereits verzeichneten, also genau bekannten Sterne durch den Meridian gehen lassen, wo dann die beobachtete Differenz der Durchgangszeit zu der durch den Katalog gegebenen Rectascension des Sterns geschlagen, die gesuchte Rectascension des Planeten geben wird. Eben so wird man die Declination des Planeten entweder unmittelbar durch seine beobachtete Meridianhöhe (nach §. 46), oder, wenn man sich auf die absoluten Höhen seines Instrumentes weniger verlassen kann, durch die beobachtete Differenz der mittägigen Höhen des Sterns und des Planeten erhalten, indem man nämlich diese Differenz zu der aus dem Sternkataloge gegebenen Declination des Sterns addirt.

Man sieht, dass die Verfertigung eines solchen Sternkatalogs eines der wichtigsten Geschäfte der praktischen Astronomie ist, weil der Gebrauch desselben allen andern Beobachtungen zu Grunde liegt. Die vorzüglichsten der neueren Sternkataloge sind die von Piazzi *(Praec. stellarum positiones, Edit. II.)*; von Lalande *(Histoire céleste)*; die Zonen-Beobachtungen von Bessel (Astron. Beobb. in Königsberg), Argelander, Lamont und Santini; die Verzeichnisse der *British Association*, so wie die von Rümker, Taylor, Groombridge, Schwerd, Carrington u. a.

§. 53. (Orte der Sonne für alle Tage des Jahres.) Das Vorhergehende setzt uns in den Stand, für alle Mittage des Jahres die Rectascension sowohl, als auch die Declination der Sonne durch Beobachtungen zu bestimmen. Ist *V* (Fig. 2) der Frühlingspunkt, *AVQ* der Aequator und *MVL* die Ekliptik, und bezeichnet *S* den Ort der Sonne in der Ekliptik für einen

gegebenen Tag, so sei *ST* der Bogen eines grössten, auf dem Aequator in *T* senkrechten Kreises, dessen Verlängerung also (Einl. §. 5) durch den Pol *N* des Aequators geht. Diess vorausgesetzt, bezeichnet der Winkel *QVL* = *AVM* die Schiefe der Ekliptik, und der Bogen *VT* die Rectascension, so wie *TS* die Declination (Einl. §. 22. *I.*) der Sonne für jenen Tag. Der Bogen *VS* der Ekliptik aber, der zwischen dem Frühlingspunkte und der Sonne enthalten ist, drückt (Einl. §. 22. *II.*) die Länge der Sonne aus, deren Breite immer gleich Null ist, weil sich der Mittelpunkt der Sonne immer in der Ebene der Ekliptik bewegt.

Wie man aber, nach dem oben (§. 49. *I.*) Gesagten, in einem ebenen oder geradlinigen Dreiecke, wenn mehrere Seiten und Winkel desselben gegeben sind, die andern Seiten und Winkel durch die Vorschriften der ebenen Trigonometrie finden kann, so lässt sich dasselbe auch für solche Dreiecke thun, die von grössten Kreisen auf der Oberfläche einer Kugel gebildet werden. Solche, sogenannte sphärische Dreiecke sind in unserer Figur *NZS'*, *ENS'* und *VTS*, und die Lehren, welche die Auflösung solcher Dreiecke betreffen, bilden die sogenannte sphärische Trigonometrie, die ebenfalls einen Theil der gesammten Geometrie ausmacht, aber hier, dem uns gegebenen Zwecke gemäss, nicht vorgetragen werden kann. Wir werden uns daher begnügen, zu sagen, dass man, wenn in einem sphärischen, bei *T* rechtwinkeligen Dreiecke die beiden Seiten *VT* und *TS*, oder auch der Winkel *V* und eine jener beiden Seiten gegeben sind, die Seite *VS* oder die Länge der Sonne, mittelst der sphärischen Trigonometrie durch eine einfache Rechnung leicht finden kann. Wir werden in der IV. Abtheilung dieses Werkes ein von Eble erfundenes Mittel, solche Dreiecke graphisch ohne weitere Vorkenntnisse aufzulösen, kennen lernen.

Die nun folgende Tafel enthält für jeden zehnten Tag des Jahres, und zwar für den Mittag desselben in Wien, in der zweiten Columne die Länge der Sonne, in der dritten die Declination und in den beiden letzten die Rectascension, die letzte in Graden und Zehntheilen derselben, und dann auch in Stunden und Zeit-Minuten ausgedrückt, wo 15 Grade auf eine Stunde gehen. Diejenigen Tage des Jahres, wo die Sonne unter dem Aequator oder in der südlichen Hemisphäre (Einl. §. 12) ist, haben eine südliche Declination (Einl. §. 13) und sind daher mit einem Striche bezeichnet. Aus dieser Tafel findet man die Länge, Declination und Rectascension der Sonne für jeden, in derselben nicht unmittelbar angegebenen Tag leicht durch eine einfache Proportion. Sucht man z. B. die Länge der Sonne für den Mittag des 4. Januars, so hat man, da die Differenz der Tafel für den 1. und 11. Januar $10^{0}.2$ beträgt,

$$\begin{matrix} \mathrm{T} & & \mathrm{T} & & \\ 10 & : & 3 & = & 10^{0}.2 : X \end{matrix}$$

woraus folgt $X = 3^{0}.06$

1. Januar . . $280^{0}.5$

4. Januar . . $283^{0}.56$ gesuchte Länge.

Ebenso findet man für denselben Mittag die Declination der Sonne $22^{0}.67$ südlich und die Rectascension $284^{0}.7$ oder in Zeit $18^{h}\ 59^{m}.2$.

Man wird diese Tafel zur Orientirung des Globus (Einl. §. 30. *III.* und §. 31) statt des dort erwähnten Verzeichnisses der Sonnenorte auf

dem Horizontalkreise des Fussgestells, und in der Folge hier noch zu mehreren anderen Zwecken mit Nutzen gebrauchen können. Hier wollen wir nur bemerken, dass diese Tafel, genau genommen, eigentlich nur für solche Jahre wie 1847, 1851, 1855 gilt, die unmittelbar einem Schaltjahre vorhergehen. Will man sie auch für andere Jahre genau haben, so wird man Folgendes bemerken:

Für solche Jahre, die mitten zwischen zwei Schaltjahren liegen wie 1850, 1854, wird man alle Angaben der Tafel für Länge und Rectascension in Bogen um 0°.3 vermehren, und z. B. für die Länge des 1. Aprils nicht 11°.1, sondern 11°.4 haben.

Für solche Jahre, die unmittelbar auf ein Schaltjahr folgen wie 1849, 1853, 1857, wird man diese Zahlen um 0°.5 vermehren, und daher für die Länge des 2. März haben 341°.8.

Für Schaltjahre selbst endlich wie 1852, 1856 wird man diese Zahlen der Tafel in den beiden ersten Monaten des Jahres, im Januar und Februar, um 0°.3 vermindern und in den zehn folgenden Monaten um 0°.8 vermehren, so dass man z. B. für die Länge am 10. Februar hat 320°.9 und für die des 10. Junius 79°.7.

In der letzten Columne, welche die Rectascension in Zeit angibt, wird man, statt der vorhergehenden Zahlen: 0°.3, 0°.5 und 0°.8 in derselben Ordnung setzen: $0^h\ 1^m$, $0^h\ 2^m$ und $0^h\ 3^m$. Für die Declination können die betreffenden Aenderungen hier füglich unberücksichtigt bleiben.

Tafel der Sonnenorte für alle Tage des Jahres.

Tage.	Länge.	Declination.	Rectascension in Bogen.	Rectascension in Zeit.
Januar 1	280°.5	— 23°.0	281°.4	$18^h\ 46^m$
„ 11	290.7	— 21.9	292.4	19 30
„ 21	300.9	— 20.0	303.1	20 12
„ 31	311.0	— 17.5	313.5	20 54
Februar 10	321.2	— 14.4	323.6	21 34
„ 20	331.3	— 11.0	333.3	22 13
März 2	341.3	— 7.3	342.8	22 51
„ 12	351.3	— 3.4	352.1	23 28
„ 22	1.3	0.5	1.2	0 5
April 1	11.1	4.4	10.2	0 41
„ 11	21.0	8.2	19.4	1 17
„ 21	30.7	11.7	28.6	1 54
Mai 1	40.5	15.0	38.0	2 32
„ 11	50.1	17.8	47.7	3 11
„ 21	59.8	20.1	57.6	3 50
„ 31	69.4	21.9	67.7	4 31
Juni 10	78.9	23.0	78.0	5 12
„ 20	88.5	23.4	88.3	5 53
„ 30	98.0	23.2	98.7	6 35
Juli 10	107.5	22.3	109.1	7 16
„ 20	117.1	20.8	119.1	7 57
„ 30	126.6	18.6	129.0	8 36
Aug. 9	136.2	16.0	138.7	9 15
„ 19	145.8	12.9	148.1	9 52
„ 29	155.5	9.5	157.1	10 29

Tage.		Länge.	Declination.	Rectascension		
				in Bogen.	in Zeit.	
Sept.	8	165°.2	5°.8	166°.3	11h	5m
„	18	174.9	2.0	175.3	11	41
„	28	184.7	— 1.9	184.3	12	17
Oct.	8	194.6	— 5.7	193.4	12	54
„	18	204.5	— 9.5	202.7	13	31
„	28	214.5	— 13.0	212.2	14	9
Nov.	7	224.5	— 16.2	222.0	14	48
„	17	234.5	— 18.9	232.2	15	29
„	27	244.7	— 21.1	242.7	16	11
Dec.	7	254.8	— 22.6	253.5	16	54
„	17	265.0	— 23.4	264.5	17	38
„	27	275.2	— 23.4	275.6	18	23

Bemerken wir noch, dass die früheren Astronomen den Kreis, welchen die Sonne am Himmel beschreibt, nicht in 360 Grade, wie alle übrigen Kreise, sondern in zwölf sogenannte Zeichen getheilt haben, deren jedes 30 Grade enthielt. Diese Zeichen benannten sie nach den zwölf Sternbildern, welche den ganzen Umkreis der Ekliptik einnehmen, und die, mit ihren eigenen Charakteren, in der Ordnung, wie sie von dem Frühlingspunkte gen Ost auf einander folgen, sind:

Zeichen.	Länge.	Zeichen.	Länge.
Widder ♈ . . .	0° bis 30°	Wage ♎ . . .	180° bis 210°
Stier ♉	30 „ 60	Scorpion ♏ . .	210 „ 240
Zwillinge ♊ . .	60 „ 90	Schütze ♐ . . .	240 „ 270
Krebs ♋ . . .	90 „ 120	Steinbock ♑ . .	270 „ 300
Löwe ♌	120 „ 150	Wassermann ♒	300 „ 330
Jungfrau ♍ . .	150 „ 180	Fische ♓ . . .	330 „ 360

Man kann sich die Aufeinanderfolge dieser Zeichen der Ekliptik leicht durch die bekannten Verse dem Gedächtnisse einprägen:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Die Alten drückten die Länge der Sonne und überhaupt aller Himmelskörper durch diese Zeichen so aus, dass sie z. B. die Länge der Sonne für den 9. August, die nach der vorhergehenden Tafel 136 Grade beträgt, durch ♌ 16°, das heisst durch den 16ten Grad des Löwen bezeichneten. Wenn man diese Zeichen mit den Sternbildern der Ekliptik, wie sie auf dem Globus erscheinen, vergleicht, so wird man diese Sternbilder alle um ein Zeichen, oder nahe um 30 Grade weiter gegen Osten erblicken, so dass z. B. das Sternbild des Widders nicht den Raum des ersten, sondern schon des zweiten Zeichens, das des Stiers das dritte Zeichen u. s. f. einnimmt, eine sehr merkwürdige Verschiedenheit, auf welche wir später wieder zurückkommen werden.

Kapitel IV.

Jährliche Bewegung der Erde.

§. 54. (Doppelte Erklärung der jährlichen Bewegung der Sonne.) Wir haben in dem vorhergehenden Kapitel gesehen, wie man die Bahn der Sonne und die Bewegung derselben um die Erde bestimmen könne. Dabei schien es sich nun gleichsam von selbst zu verstehen, dass diese Sonne sich auch in der That um unsere Erde bewege, und dass wir nicht so umständlich uns über eine Erscheinung verbreiten würden, die am Ende etwa wieder mit einer blossen Täuschung endet, wie wir diess schon bei der täglichen Bewegung des ganzen Himmels erfahren haben, den wir nun in seiner Ruhe nicht weiter stören, während wir nur die kleine Erde sich täglich um ihre Axe drehen lassen, wodurch, wie wir gesehen haben, diese Erscheinung der täglichen Bewegung des Himmels ebenso vollständig als genügend dargestellt wird.

Allein dasselbe hat auch in Beziehung auf die jährliche Bewegung der Sonne um die Erde statt. Alle die Erscheinungen, die wir im dritten Kapitel unter der Voraussetzung betrachtet haben, dass die Sonne in der Ebene der Ekliptik jährlich ihren Kreislauf um die im Mittelpunkte dieses Kreises ruhende Erde vollende, werden sich genau eben so unserem Auge unter der ganz entgegengesetzten Voraussetzung darstellen, dass die Erde in demselben Kreise, den wir zuvor der Sonne angewiesen haben, sich jährlich um die in dem Mittelpunkte dieses Kreises ruhende Sonne bewege. Auch hier, wie dort bei der täglichen Bewegung des Himmels, kann in der äussern Erscheinung selbst nichts gefunden werden, was uns für die Annahme der einen oder der andern dieser beiden Hypothesen vorzugsweise bestimmen könnte, und es muss daher wieder anderen, inneren Gründen überlassen bleiben, zu entscheiden, welche von den beiden Voraussetzungen die wahre sei.

Die Fixsterne, mit welchen wir oben die Bewegung der Sonne verglichen haben, um daraus die Bahn der letztern abzuleiten, dienen uns als die einzigen fixen Punkte des Himmels, die wir kennen, gleichsam nur als Grenzsteine, mit welchen wir die Sonne, den Mond und andere uns nähere und daher auch näher angehende Himmelskörper zu vergleichen, und durch welche wir, als durch bekannte und unveränderliche Punkte, die Orte dieser Himmelskörper zu bestimmen pflegen. Wir denken uns in die Mitte dieser grossen Rotunde versetzt, auf deren Gewölbe die Sterne befestigt sind, und sehen in einer gewissen Entfernung von uns einen Körper, die Sonne, der den links oder östlich von ihm stehenden Sternen immer näher rückt und einen nach dem andern auf seinem Wege mit dem Lichte bedeckt, das er nach allen Seiten ausstrahlt. Allein ganz dasselbe werden wir auch zu sehen glauben, wenn dieser leuchtende Körper selbst im Mittelpunkte jener Rotunde ruhte und dagegen unsere Erde in derselben östlichen Richtung um ihn liefe. Der Punkt der Rotunde, den uns die Sonne verdeckt, wird eben so, wie dort, nach der linken Seite laufen, die Sonne wird auch hier den von ihr östlich liegenden Fixsternen immer näher rücken und die ganze Er-

scheinung wird dieselbe sein. Wenn man in der Mitte eines Saales ein Licht auf den Tisch stellt und um diesen Tisch herum geht, so wird man das Licht ganz auf dieselbe Art an der Wand herum rücken sehen, als wenn man selbst in der Mitte des Saales still steht und das Licht in derselben Nähe und in derselben Richtung um sich herum tragen lässt.

Denken wir uns die Erde *S* (Fig. 10) im Mittelpunkte des gestirnten Himmels und lassen wir um sie die Sonne sich jährlich in dem Kreise *abcd* in der Richtung von *a* nach *b* bewegen. Die Sonne sei

in dem Punkte *a* im Anfange des Frühlings am 21. März,

„ „ „ *b* „ „ „ Sommers „ 21. Junius,

„ „ „ *c* „ „ „ Herbstes „ 22. September,

„ „ „ *d* „ „ „ Winters „ 21. December,

so wird also die Sonne, von der Erde *S* aus gesehen, im Anfange dieser vier Jahreszeiten

im Frühling in der Linie *Sa* oder im Widder ♈,

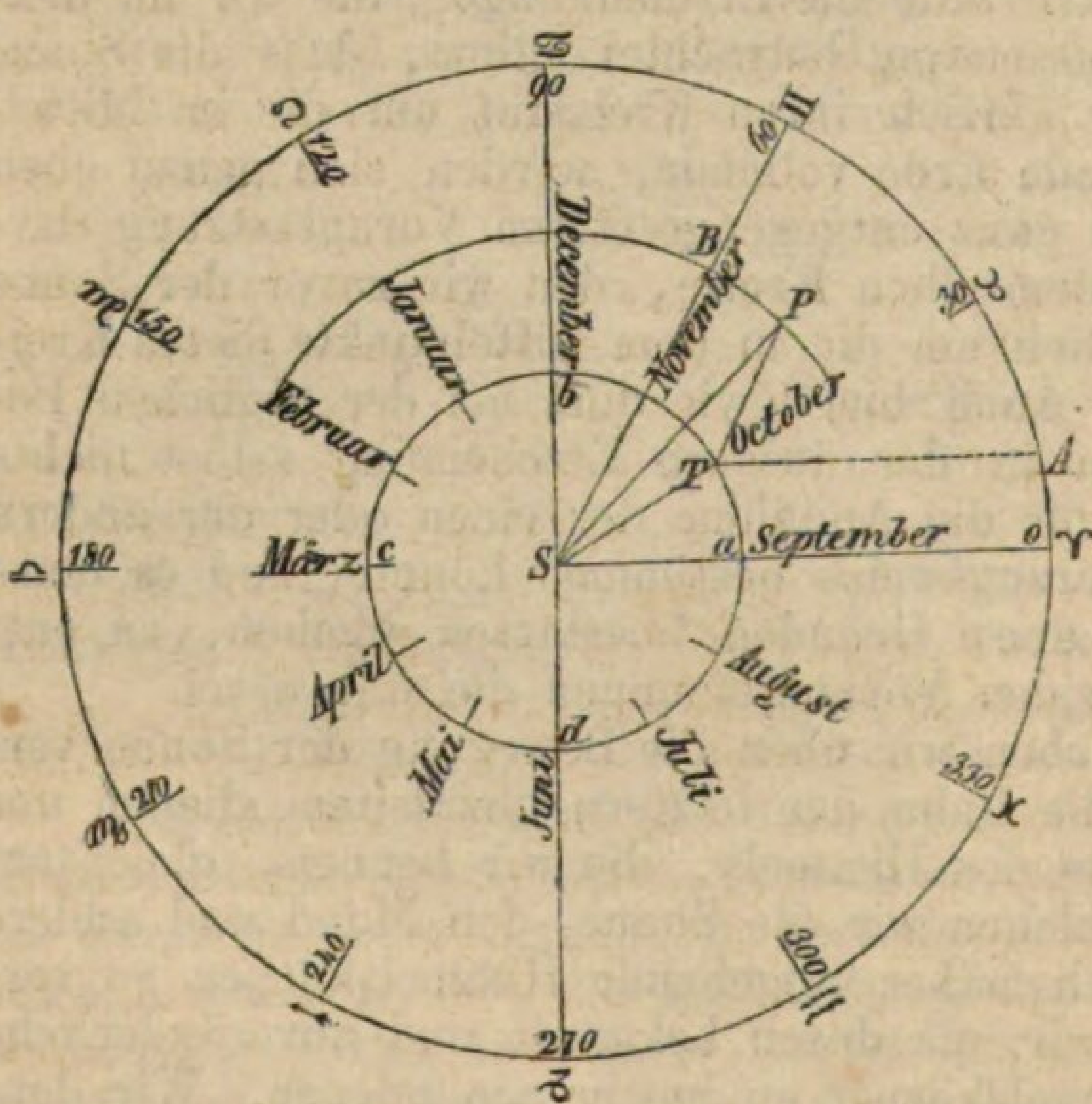
„ Sommer „ „ „ *Sb* „ „ Krebs ♋,

„ Herbst „ „ „ *Sc* „ „ Wage ♎,

„ Winter „ „ „ *Sd* „ „ Steinbock ♑

erscheinen, und so im Laufe des Jahres alle Sternbilder der Ekliptik, in der oben (§. 53) angeführten Ordnung oder von West gen Ost zu durchlaufen scheinen.

Fig. 10.



Nehmen wir im Gegentheile an, dass *S* die Sonne bezeichne, die im Mittelpunkte des Kreises *abcd* ruht, den die Erde jährlich um sie in derselben Richtung beschreibt, so dass die Erde im Anfange der vier Jahreszeiten diejenigen Punkte der Ekliptik einnehme, die der Sonne, in der vorhergehenden Annahme, gegenüber stehen, so wird die Erde sein

in dem Punkte *c* im Anfange des Frühlings am 21. März,

„ „ „ *d* „ „ „ Sommers „ 21. Junius,

„ „ „ *a* „ „ „ Herbstes „ 22. September,

„ „ „ *b* „ „ „ Winters „ 21. December,

und man wird daher die Sonne *S* von der Erde aus im Frühlinge in der Linie *cSa* oder im Widder, im Sommer in der Linie *dSb* oder im Krebs u. s. f., kurz wieder in denselben Sternbildern, wie zuvor, erblicken, so dass also, wie gesagt, die Erscheinung der jährlichen Bewegung der Sonne um die ruhende Erde ganz eben so gut durch eine Bewegung der Erde um die ruhende Sonne dargestellt werden kann.

Welche dieser Voraussetzungen ist nun die wahre? — Wir wollen

die Gründe für und wider abwägen und zusehen, welche von beiden den Ausschlag geben.

§. 55. (Die Sonne, als vorzüglichster Körper des Planetensystems, steht wahrscheinlich in der Mitte desselben.) Die Sonne ist bekanntlich die Quelle des Lichts und der Wärme, nicht bloss für unsere Erde sondern noch für eine sehr grosse Anzahl anderer unserer Erde ähnlicher Himmelskörper, der Planeten und Kometen, also auch wohl, wenigstens höchst wahrscheinlich die Quelle aller der mannigfaltigen Bewegungen, welche wir an diesen Himmelskörpern bemerken. Um diese letzten für die zahllosen Wohlthaten, welche sie von der Sonne erhalten, am meisten fähig und empfänglich zu machen, wird es wohl am angemessensten sein, den Thron der Sonne in der Mitte aller anderen Bahnen, also auch in der Mitte der Erdbahn zu errichten, damit alle übrigen Körper des Systemes von ihren Strahlen gleichförmig erleuchtet und erwärmt werden können. — Allein Gründe dieser Art gehören mehr der Imagination als dem Verstande, mehr der Dichtkunst als der Mathematik an. Sie sind, wie so manche andere aus dem Gebiete der Metaphysik, auf eine vielleicht nur eingebildete Harmonie des Weltalls gebaut, die zu ergründen dem menschlichen Geiste wahrscheinlich immer unmöglich bleiben wird. Wenn wir uns der Wahrheit mit sicheren Schritten nähern wollen, so müssen wir jene Abwege, die schon oft genug irre geführt haben, vermeiden und uns nur an solche Gründe halten, die entweder aus blossen Beobachtungen hervorgehen, oder die ein unmittelbares Resultat der Rechnung sind, da diese beiden die zwei einzigen sicheren Grundlagen aller menschlichen Erkenntnisse bilden.

§. 56. (Die Erde bewegt sich um die viel grössere Sonne.) Etwas besser werden wir verfahren, wenn wir auf die bereits bekannte Grösse der zwei Körper, um die es sich hier handelt, Rücksicht nehmen. Die Sonne aber ist, wie wir schon einmal erwähnten, eine Kugel von so ungeheuerer Grösse, dass man daraus nahe eine und eine halbe Million solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, machen könnte. Welches mächtige, uns unsichtbare Band nun auch diese beiden Körper an einander knüpfen, welche Kraft den einen derselben um den andern führen mag, ist es nicht, auf den ersten Blick schon, unendlich wahrscheinlicher, dass diese Kraft in dem grösseren wohnen, dass also der kleinere Körper sich um den so vielmal grösseren, nicht aber dieser um jenen bewegen werde? — Wenn wir zwei Steine von sehr verschiedenem Gewichte an die beiden Enden einer Schnur befestigen und sie so verbunden in die Luft schleudern, so werden sich nach den ersten Gesetzen der Mechanik beide Körper um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt drehen, und wenn der eine dieser Steine von nahe gleichem specifischem Gewichte $1\frac{1}{2}$ Millionenmal grösser ist, als der andere, so wird jener gemeinschaftliche Schwerpunkt so nahe bei dem Mittelpunkte des grösseren Steines liegen, dass er beinahe mit diesem Mittelpunkte selbst zusammenfallen, also nahe in der Mitte des grösseren Steines liegen wird. Die Folge davon wird sein, dass der kleinere Stein sich um den grossen bewegen, und dass dieser grosse seinen Ort nur unmerklich verändern oder nur sehr kleine Bewegungen um jenen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, der zugleich sehr nahe mit dem Schwerpunkte des grösseren Körpers zusammenfällt, machen wird. Dasselbe wird also auch der Fall mit jenen zwei Körpern des Himmels sein, die eben so sehr an Grösse unter sich

verschieden sind, und sich frei und ohne fremde Einwirkung anderer Körper im Weltraume bewegen.

§. 57. (Analogie der Erde mit den übrigen Planeten.) Wir haben schon öfters der Planeten erwähnt, dieser Himmelskörper, die, wie die Fernröhre zeigen, uns viel näher sind als die Fixsterne. Sie erscheinen uns in der Gestalt von kleineren oder grösseren runden Scheiben, während die unendlich weiter entfernten, obschon vielleicht an sich viel grösseren Fixsterne, wegen ihrer ungemeinen Entfernung, nur als untheilbare Punkte gesehen werden. Sie kommen uns öfters so nahe, dass der Durchmesser dieser ihrer Scheibe, wie bei der Venus siebenmal, bei Mars neunmal, grösser erscheint, als zu anderen Zeiten, und dass sie ähnliche Lichtphasen, wie die des Mondes im zu- und abnehmenden Lichte zeigen. Sie scheinen also recht eigentlich uns, unserem Sonnensysteme, anzugehören, wie unsere Erde selbst, und daher auch in dieser Beziehung mit der Erde verwandte Himmelskörper zu sein. Wenn man aber ihre Bewegungen, wie sie von der Erde gesehen werden, unter den fixen Sternen des Himmels einige Zeit verfolgt, so bemerkt man bald, dass die Bahnen derselben äusserst unregelmässig und beinahe keinem Gesetze unterworfen sind. Die Sonne bewegt sich, wie die Tafel des §. 53 zeigt, während ihres scheinbaren jährlichen Laufes sehr nahe regelmässig, und dasselbe bemerkt man auch bei dem Monde, der täglich nahe um dreizehn Grade östlich gegen die Fixsterne fortschreitet. Nicht so die Planeten. Diese zeigen nicht nur sehr auffallende Aenderungen ihrer Geschwindigkeiten, sondern sie stehen oft längere Zeit ganz unbeweglich bei einem Sterne und bewegen sich bald gegen Osten, bald auch, in verkehrter Richtung, gegen Westen. Verfolgt man sie einige Monate, so findet man, dass ihr Weg am Himmel, wie er von der Erde gesehen wird, eine äusserst verwickelte krumme Linie ist, die aus mehreren Knoten und Schlingen besteht, und in keinem ihrer Theile Ordnung und Regelmässigkeit vermuthen lässt. Noch verwickelter erscheinen die Bahnen der Kometen.

Die Alten haben sich lange gequält, diese Verwicklungen zu erklären, und sie sind dabei auf eben so sonderbare als auch in der That sinnreiche Mittel verfallen, die aber nicht zu dem gewünschten Zwecke führten, wie wir später sehen werden. Kopernicus war der erste, der lebhaft fühlte, dass diese so künstlich verschlungenen Linien nicht die wahren Bahnen der Planeten sein können, und der, von diesem Gefühle gedrängt, den wahren und einzig möglichen Weg einschlug, diesen sonderbaren und so lange unerklärten Unregelmässigkeiten dadurch ein Ende zu machen, dass er suchte, wie die Bahnen der Planeten, die aus der Erde gesehen, so ungemein verwickelt erscheinen, aus dem Mittelpunkte der Sonne erscheinen mögen. Und er fand, dass, von diesem Standpunkte aus, alle jene Unregelmässigkeiten wie ein gelöster Zauber verschwinden, dass diese früher so complicirten Bewegungen ganz eben so einfach und regelmässig werden, wie die, welche wir bei der Sonne und dem Monde bemerken. Jene sonderbaren Knoten und Schlingen lösten sich sofort von selbst auf, und die Stillstände so wie die rückgängigen Bewegungen erschienen nur als optische Täuschungen, die bloss daher kommen, dass wir diese Planeten nicht aus der Sonne, als aus dem fixen Mittelpunkte ihrer Bewegungen, sondern weil wir sie aus der Erde, aus der sich um die Sonne bewegenden Erde, also aus

einem Standpunkte betrachten, der seinen Ort im Weltraume selbst mit jedem Tage ändert. Die einfache und so lange verborgene Idee, dass alle Planeten, also auch die Erde, Kreise von bestimmten Halbmessern beschreiben, in deren gemeinschaftlichem Mittelpunkte die Sonne ruht, diese Idee löste mit eins, wie wir weiter unten noch näher sehen werden, alle die grossen Schwierigkeiten, die den scharfsinnigsten Astronomen des Alterthums unübersteiglich schienen; sie verwandelte eine unerklärbare Unordnung und Gesetzlosigkeit in die schönste, einfachste Harmonie, und schuf, gleich einem Blitze, die dunkelste Nacht zum hellsten Tage um. Diese Idee war es aber auch, wodurch uns Kopernicus die wahre Anordnung des Weltsystems offenbarte, und wodurch er der Vater der neuen Astronomie geworden ist. Wer von uns könnte, wenn er anders Sinn für verständige Klarheit und Ordnung hat, der Kraft eines solchen Beweises sich noch länger entziehen? — Welche Complicationen in den Bewegungen aller anderen Planeten, wenn wir die Erde nicht auch, gleich jenen, sich um die Sonne bewegen lassen! Welche entsetzliche Geschwindigkeit müsste man bei den entfernteren Planeten voraussetzen, um sie alle Jahre ihren grossen Kreis um die ruhende Erde vollenden zu lassen! Uranus z. B. ist neunzehnmal weiter als die Sonne von uns entfernt, und er müsste daher, um die Peripherie seiner Bahn von 2500 Millionen d. M. jährlich zu vollenden, jeden Tag nahe sieben Millionen Meilen zurücklegen.

Wir haben bereits oben gesehen, dass man die Erde nicht als einen isolirten, für sich bestehenden Körper, dessen gleichen nicht mehr in der Natur zu finden ist, sondern dass man sie im Chor der anderen Erden unseres Sonnensystems, als ein Glied der ganzen, grossen Familie von Planeten betrachten müsse, denen sie in so vielen Beziehungen ganz ähnlich ist. So wie Jupiter, unseren Beobachtungen zu Folge, in jedem seiner Tage sich um sich selbst und in jedem seiner Jahre, in der Begleitung seiner vier Monde, um die Sonne bewegt, so dreht auch unsere Erde sich täglich um ihre Axe, so bewegt auch sie sich, in Begleitung ihres Mondes, jährlich um die Sonne. Ein Beobachter auf Jupiters Oberfläche würde wohl eben so, wie wir, wenn er bloss dem ersten Eindrucke seiner Sinne folgte, das ganze Planetensystem und die Sonne selbst um sich, als um den Mittelpunkt aller jener Bahnen, in Bewegung glauben und seine beinahe 1300mal grössere Erde würde diese Täuschung noch beträchtlich annehmbarer machen.

§. 58. (Das bekannte Kepler'sche Gesetz der Planeten gilt auch für die Erde.) Aus der Sonne gesehen würden uns alle Planeten einfache Kreise, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt in dem der Sonne liegt, zu beschreiben scheinen. Die Ebenen dieser Kreise liegen alle in geringen Entfernungen um die Ekliptik, d. h. um die Bahn der Erde, die also mitten unter den Bahnen aller übrigen angetroffen wird. Die Bewegungen jener Planeten in ihren Kreisen gehen alle in der Richtung von West gen Ost vor sich, und eben dieselbe Richtung muss auch die Bewegung der Erde haben, wenn die in §. 54 erwähnten Erscheinungen statthaben sollen. Schon diese beiden Analogieen machen die jährliche Bewegung der Erde um die ruhende Sonne sehr wahrscheinlich, aber diese Wahrscheinlichkeit wird noch sehr vermehrt, wenn man auf das bekannte Gesetz Rücksicht nimmt, welches zwischen den Umlaufszeiten der Planeten und zwischen den Halbmessern der von ihnen beschriebenen Kreise besteht.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Nach diesem, von Kepler entdeckten Gesetze verhalten sich bei den Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen. Wenn daher dasselbe Verhältniss, welches bei allen Planeten statt hat, auch zwischen der Erde und einem jener Planeten besteht, so folgt daraus, dass auch diese Erde für einen Planeten gehalten werden soll. Nun kennen wir z. B. für Jupiter die Umlaufszeit 4332.5963 Tage, und den Halbmesser seiner Bahn 107570000 d. Meilen. Für die Erde aber ist, den Beobachtungen zu Folge, die mittlere Entfernung von der Sonne gleich 20682000 Meilen. Nennt man daher T die Umlaufszeit der Erde, so muss, in Folge jenes Gesetzes, das Quadrat des Bruches $\frac{T}{4332.5963}$ gleich sein dem Würfel des Bruches $\frac{20682000}{107570000}$. Allein der Würfel des letzten Bruches ist 0.00710729 und von dieser Zahl die Quadratwurzel 0.08430474. Multiplicirt man daher die letzte Zahl durch 4332.5963, so erhält man für die gesuchte Umlaufszeit der Erde $T = 365.258$ Tage, sehr nahe mit der wahren Länge des Jahres, wie sie die Beobachtungen geben, übereinstimmend.

Da also jenem Gesetze, dem alle Planeten gehorchen, auch die Erde unterworfen ist, so werden wir auch wohl annehmen müssen, dass die Erde selbst ein Planet ist, und sich, wie alle übrigen, um die Sonne bewegt. — Dieselbe Centralkraft der Sonne, welche die Planeten in ihren Bahnen zurückhält, und welche die den Planeten vermöge ihrer Bewegung zukommende Centrifugalkraft aufwiegt, wie sollte sie nicht auch auf die Erde wirken, und wie sollte dann die Erde dieser Wirkung der Centralkraft der Sonne widerstehen, wenn nicht auch sie mit einer Centrifugalkraft d. h. wenn nicht auch sie mit einer Bewegung um die Sonne begabt wäre!

§. 59. (Die jährliche Bewegung der Erde ist eine Folge der täglichen.) Wenn wir ferner die tägliche Rotation der Erde als bewiesen voraussetzen, wie wir dieses nach dem Vorhergehenden zu thun wohl berechtigt sind, und wenn wir dann die Ursache aufsuchen, welche dieser Rotation ihre Entstehung gegeben hat, so können wir sie nur in einem augenblicklichen Stosse finden, den die Erde im Augenblicke ihrer Entstehung durch eine äussere Kraft erhalten hat, und der z. B. von der Anziehung irgend eines Körpers ausser ihr entstanden sein kann. Wenn die Richtung dieses Stosses nicht genau durch den Mittelpunkt der Erde gegangen ist, — und wie unwahrscheinlich wäre diese Annahme unter den unzähligen andern möglichen Fällen — so musste dadurch die Erde, gleich einem Kreisel, eine Rotation erhalten, die desto schneller sein wird, je grösser jener ursprüngliche Stoss, und je weiter seine Richtung von dem Mittelpunkte der Erde entfernt war. Allein jeder solche Stoss, der eine Rotation der Erde hervorbringt, musste auch zugleich eine fortschreitende Bewegung ihres Mittelpunkts erzeugen. Wir wissen aus Erfahrung, wie schwer es ist, uns selbst oder einen andern Körper um eine Axe zu drehen ohne ihn zugleich aus seiner Stelle zu rücken, und man sieht leicht, dass dieses eigentlich ganz unmöglich ist, wenn der Körper nicht auf irgend eine Weise an seiner Stelle festgehalten wird. Da aber die Erde, so viel wir wissen, durch keine äussere Kraft im Weltraume festgehalten wird, so ist schon die blosse Existenz

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

ihrer Rotation zugleich ein Beweis für die progressive Bewegung derselben.

Uebrigens ist diese jährliche Bewegung der Erde viel schneller als die tägliche. Vermöge der letztern beschreibt jeder Punkt der Oberfläche des Aequators, während seiner Rotation um die Axe, in einer Sekunde nur 0.0626 einer d. Meile, oder 1430 Par. Fuss, während jeder Punkt der Erde, in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne, in einer Sekunde nahe 4 d. Meilen zurücklegt, so dass die letzte Geschwindigkeit gegen 64mal grösser ist als die erste. Während wir also die wenigen Zeilen dieses letzten Absatzes gelesen haben, sind wir wohl schon über 20 Meilen im Raume fortgerückt. Könnten wir in irgend einem Fahrzeuge mit derselben Geschwindigkeit, welche die Erde in ihrer Bahn hat, auf der Oberfläche der Erde uns bewegen, so würden wir eine sogenannte Reise um die Welt, oder den Umkreis der Erde von 5400 Meilen, schon in 22½ Minuten zurücklegen, wozu Kapitän Cook 3 Jahre und 14 Tage brauchte. Ohne die Umwege und Abhaltungen aller Art, denen eine solche Reise gewöhnlich ausgesetzt ist, würde ein Schiff, das in jeder Sekunde 10 Fuss zurücklegt und dabei unablässig fortsegelt, was vielleicht um die Hälfte zu viel ist, jene Reise um die Erde doch erst in 142 Tagen 18 Stunden, also in mehr als 4½ Monaten vollenden.

Obschon wir aber, nach allem Vorhergehenden, die Voraussetzung der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne als höchst wahrscheinlich, wenn nicht als unzweifelhaft annehmen dürfen, so müssen wir doch auch gestehen, dass die Gründe, welche wir bisher für die Existenz dieser Bewegung vorgetragen haben, so grossen Gewichtes sie auch an sich sein mögen, sämmtlich nur äussere oder aus der Analogie mit andern Weltkörpern entlehnte Gründe sind, und dass es daher noch immer wünschenswerth bleibt, auch innere, von der Erde selbst genommene Beweise für diese Bewegung derselben aufzufinden. So hatten wir oben, für die tägliche Rotation der Erde, sehr deutliche Spuren an ihr selbst gefunden, nämlich an ihrer Abplattung bei den Polen, an der östlichen Abweichung frei fallender Körper, an der Aenderung der Pendellänge u. s. w. Sollten sich nun nicht auch von der jährlichen Bewegung der Erde ähnliche Zeugnisse auf ihr selbst finden lassen, besonders da, wie wir so eben gesehen haben, diese Bewegung so viel schneller ist, als jene?

Dieser Wunsch wird allerdings schwer zu befriedigen sein, da beide Bewegungen, in Beziehung auf diesen unsern Zweck, so sehr von einander verschieden sind. Denn bei der täglichen Rotation bewegen sich verschiedene Punkte der Erdfläche mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten, der Aequator am schnellsten, die kleineren Parallelkreise immer langsamer und die beiden Pole endlich gar nicht. Eben diese Verschiedenheiten boten uns aber zugleich die Merkmale dar, an welchen wir jene Rotation selbst erkennen konnten. Bei der jährlichen Bewegung verhält sich die Sache nicht mehr so, da hier alle, selbst die inneren Theile der Erde, mit nahe gleicher Geschwindigkeit und in derselben Richtung fortgeführt werden, daher denn auch diese Bewegung durch eine blosse Vergleichung der einzelnen Theile der Erde nicht weiter erkannt werden kann.

Sollte sie aber, wenn auch nicht mehr an der Erde selbst, doch

wenigstens an den Gegenständen ausser ihr bemerkbar sein, und da Spuren zurücklassen, an welchen wir sie zu erkennen im Stande sind? — Die beiden folgenden Kapitel werden uns Gelegenheit geben, diese Frage näher zu untersuchen.

Kapitel V.

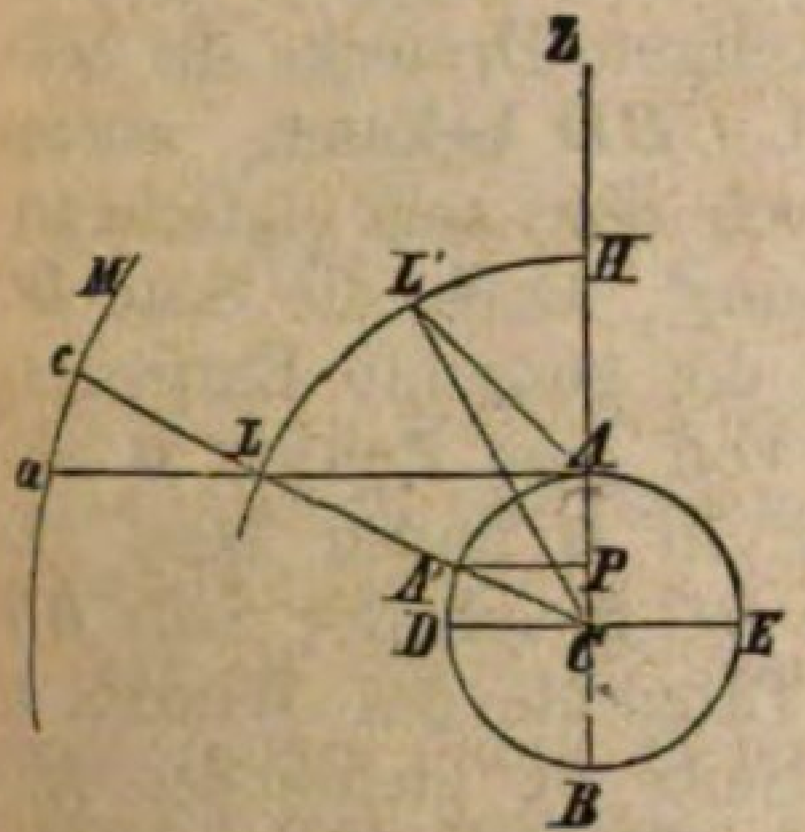
Parallaxen und Entfernungen der Gestirne von der Erde.

§. 60. (Scheinbare Bewegung der Gegenstände.) Wenn man sich in einer mit Bäumen oder Gebäuden besetzten, und in weiter Ferne mit Bergen begrenzten Ebene nach irgend einer Richtung vorwärts bewegt, so scheinen sich die uns näheren Bäume, in Beziehung auf jene fernen Berge, rückwärts zu bewegen oder sie scheinen südlich hinter uns zu rücken, wenn wir selbst gegen Norden gehen, und diese südliche Bewegung der uns zu beiden Seiten umgebenden Gegenstände erscheint desto schneller, je näher sie uns stehen, während jene fernen Berge zwar auch, aber nur sehr langsam, gegen Süden zurückgehen, und wir selbst schon einen beträchtlichen Weg gegen Norden gemacht haben müssen, um zu bemerken, dass einer dieser Berge, der z. B. im Anfange unserer Reise genau im Ost- oder Westpunkte stand, nun auch etwas gegen Süd zurückgegangen ist. Eben so werden uns diejenigen Bäume, die vor uns gegen Norden stehen, immer weiter aus einander zu rücken scheinen, je weiter wir selbst gen Norden vorgehen oder je näher wir ihnen kommen, während im Gegentheile diejenigen, die hinter uns im Süden stehen, immer näher an einander rücken werden, je weiter wir uns von ihnen entfernen. Aus dieser Ursache erscheinen uns die zwei Reihen einer Allee, obschon sie einander ganz parallel sind, doch immer desto näher an einander zu rücken, je weiter sie von uns, wenn wir diese Allee betreten, entfernt sind. Diese Erfahrungen sind zu bekannt, als dass wir uns hier länger dabei aufhalten sollten.

Dasselbe, was hier von den Bäumen einer Gegend gesagt wurde, muss nun auch von den Sternen des Himmels gelten, wenn sie anders nicht etwa so weit von uns entfernt sind, dass alle Veränderungen unseres Ortes, dass alle Wege, die wir auf oder auch mit der Erde machen können, gegen diejenigen Abstände, welche uns von den Gestirnen trennen, für nichts zu achten sein sollten, wo wir dann die Verrückung dieser Gestirne eben so wenig bemerken würden, als wir z. B. die Verrückung eines mehrere Meilen von uns entfernten Berges bemerken, wenn wir ihn aus einem oder aus dem andern Fenster unserer Stube betrachten. In der That haben wir auch bereits (§. 57) gesehen, dass sich diese Veränderung bei den Planeten zeige, und wir haben eben daraus eine beinahe an Ueberzeugung grenzende Wahrscheinlichkeit der Bewegung der Erde abgeleitet. Allein sollte sich diese Bewegung nicht eben so gut auch an den Fixsternen erkennen lassen?

§. 61. (Tägliche Parallaxe der Gestirne.) Sei C (Fig. 11) der Mittelpunkt der Erde, deren höchsten Punkt A der Beobachter einnimmt, der den Mond L eben aufgehen sieht, so dass also die Gerade LA den Horizont des Beobachters bezeichnet, und dass daher der Winkel LAC ein rechter Winkel ist. Verlängert man die Gesichtslinie AL des Beobachters bis an die hier als unendlich weit vorausgesetzte Sphäre des Himmels, so wird der Beobachter A den Mond L bei dem Stern a erblicken, während ein Auge im Mittelpunkte C der Erde den Mond in der Geraden CL oder bei dem Stern c sehen würde. Der Winkel, welchen diese beiden Linien Aa und Cc in dem Punkte L bilden, heisst die **Horizontalparallaxe** des Mondes, und da, unserer Voraussetzung gemäss, die Linie La gegen LA als unendlich gross angenommen wird, so kann man den Mittelpunkt des Kreisbogens acM eben so gut in L als in C oder auch in A annehmen, so dass also dieser Bogen ac als das Mass jenes Winkels $aLc = ALC$ angesehen werden darf, oder dass man sagen kann, die Horizontalparallaxe des Mondes sei der Bogen ac, an dessen beiden Endpunkten der Mond von einem Beobachter im Mittelpunkte C der Erde und von einem andern A auf der Oberfläche derselben gesehen wird, für welchen letzteren der Mond eben im Horizonte steht.

Fig. 11.



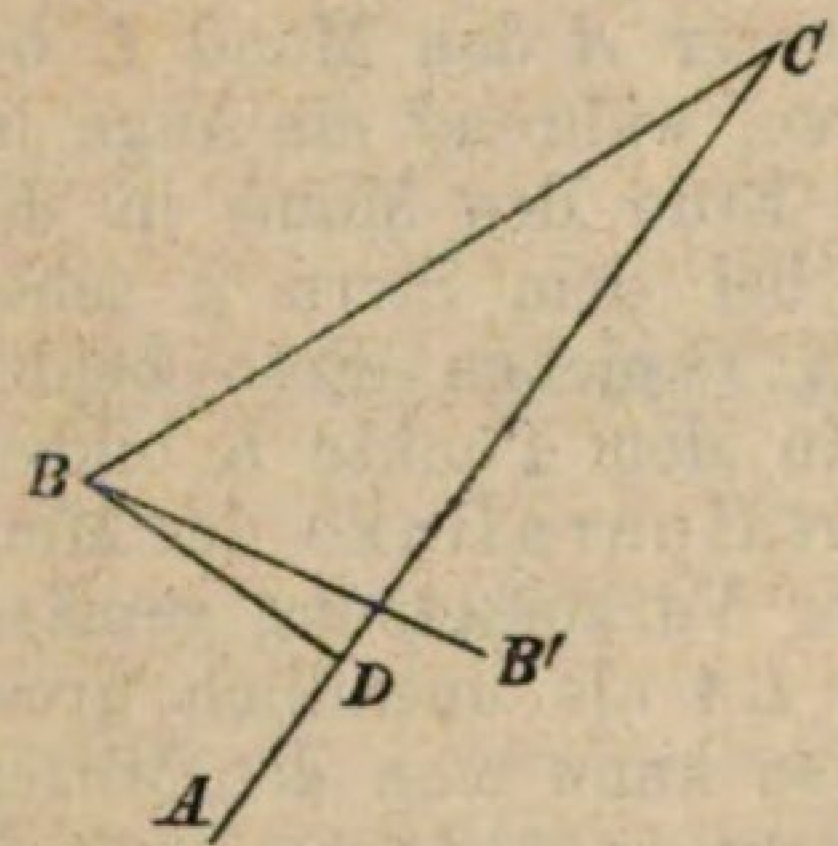
Da die Schenkel des Winkels ALC durch den Halbmesser AC der Erde geschnitten werden, der auf AL senkrecht steht, so kann man auch sagen, dass die Horizontalparallaxe des Mondes derjenige Winkel ist, unter welchem einem Auge L in dem Mittelpunkte des Mondes der auf dessen Gesichtslinie LA senkrecht stehende Halbmesser AC der Erde erscheinen würde. Wir werden bald sehen, auf welche Art man diese Parallaxe der Gestirne durch Beobachtungen bestimmen und wie man aus der einmal bekannten Parallaxe auch die **Entfernung**, ja selbst die **Grösse** der Gestirne von der Erde ableiten kann. Da die Messung dieser Gegenstände, zu welchen man mit keinem Massstabe kommen kann, weil sie so weit von uns abstehen, ohne Zweifel zu den interessantesten Gegenständen der Astronomie gehört, so wird es nicht unangemessen sein, hier etwas länger bei ihnen zu verweilen.

§. 62. (Bestimmung unzugänglicher Punkte und Linien auf der Oberfläche der Erde.) Das Verfahren, dessen sich die Astronomen bedienen, die Distanzen der Gestirne von der Erde zu finden, ist dasselbe, welches unsere Geodäten und Feldmesser bei ihren terrestrischen Vermessungen anwenden, und beide Methoden sind auf dieselben einfachen Sätze der Geometrie gegründet, durch welche man in einem Dreiecke aus den durch Beobachtung oder unmittelbare Messung bekannten Seiten und Winkeln die übrigen Theile des Dreiecks findet.

I. Sei z. B. ein Gegenstand C (Fig. 12) auf dem Felde gegeben, zu welchem ein Beobachter, der sich in der Gegend der Linie BB' aufhält, nicht kommen kann, weil er etwa durch einen Fluss oder einen unzugänglichen Sumpf von dem Gegenstande getrennt ist. Wenn er dessenungeachtet die Entfernung desselben bestimmen will, so darf er

nur in irgend einer Richtung *AC*, die durch den Punkt *C* geht, einen Punkt *D* so wählen, dass *BD* oder die Richtung von *D* gegen *B* auf auf *AC* senkrecht steht. Misst er dann die Länge dieser Linie *DB* mit dem Massstabe oder mit der Messkette, und misst er noch an dem Endpunkte *B* dieser Linie mit irgend einem Winkelmesser den Winkel *CBD*, welchen der Gegenstand *C* mit dem Punkte *D* in dem Auge *B* des Beobachters macht, so sind in dem bei *D* rechtwinkeligen Dreiecke die Seite *DB* und der Winkel *CBD* bekannt, woraus sich dann sofort, durch eine sehr einfache trigonometrische Rechnung, auch die Seite *DC* oder *BC*, das heisst die gesuchte Entfernung des Gegenstandes *C* von dem Punkte *D* oder von dem Beobachter in *B* finden lässt. Es ist nämlich die Seite *DC* gleich der Seite *BD*, multiplicirt mit der Tangente des Winkels *B*, und eben so ist die Seite *BC* gleich der Seite *BD*, dividirt durch den Cosinus des Winkels *B* (Einl. §. 32). Gesetzt, man hätte die Linie *BD* gleich 100 Fuss, und den Winkel *B* gleich 30 Graden gemessen, so wird man $CD = 57.735$, und $BC = 115.47$ Fuss finden. Will man auch diese kleinen Rechnungen vermeiden, und das oben (§. 49. *I.*) erwähnte graphische Verfahren anwenden, so wird man in der Ebene einer Tafel oder in der des Papiers zwei auf einander senkrechte Linien errichten, die sich in einem Punkte *d* durchschneiden. Dann wird man mit einem, in sehr kleine Theile getheilten Massstabe auf der einen dieser senkrechten Linien, von dem Punkte *d* an die Länge *db* gleich 100 solchen Theilen des Massstabes nehmen, und in dem Endpunkte *b* dieser Linie, mit einem Winkelmasse den Winkel *dbc* gleich 30 Graden errichten, dessen Schenkel *bc* die andere der beiden auf einander senkrechten Linien in dem Punkte *c* schneidet. Dadurch hat man auf dem Papier ein kleines Dreieck *bdc* erhalten, welches dem grossen *BCD* auf dem Felde ganz ähnlich ist. Misst man nun mit dem Massstabe die Seiten *dc* und *bc* des kleinen Dreiecks, so wird man $dc = 57.7$ und $bc = 115.5$ Theile des Massstabes finden; und wenn man z. B. weiss, dass diese Theile des Stabes auf dem Felde Fusse bedeuten, so wird man sagen, dass in dem grossen Dreiecke die Seite $CD = 57.7$ und $BC = 115.5$ Fuss betrage. Man sieht übrigens, dass es wohl am einfachsten, aber keineswegs nothwendig ist, für die erste Seite *bc* des kleinen Dreiecks genau eben so viele Theile des Massstabes zu nehmen, als man auf dem Felde für die Linien *BC* Fuss genommen hat. Hätte man etwa die Seite *bd* nur gleich 20 Theilen des Massstabes genommen, und dann, durch Auftragung desselben Winkels *dbc* von 30 Graden, das kleine Dreieck *bcd* construirt, so würde man mit dem Massstabe die Seite $cd = 11.54$ und $bc = 23.10$ solcher Theile gefunden haben. Da man aber weiss, dass 20 Theile des Stabes 100 Fuss d. h. dass ein Theil des Stabes 5 Fuss auf dem Felde bezeichnen, so wird man auch diese Zahlen 11.54 und 23.10 fünfmal nehmen, um $CD = 57.7$ und $BC = 115.5$ Fuss zu erhalten wie zuvor. Man pflegt das kleinere Dreieck *bcd* das verjüngte des grossen Dreiecks *BCD* zu nennen. Beide Dreiecke haben dieselben Winkel, aber die Seiten des

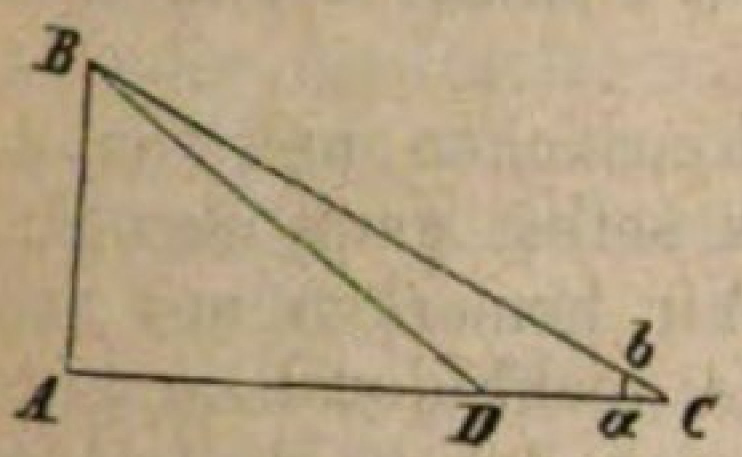
Fig. 12.



verjüngten Dreiecks sind alle in demselben Verhältnisse z. B. 100 oder 1000mal kleiner, als die Seiten des geodätischen Dreiecks, dessen getreue Abbildung, im verjüngten Massstabe, das kleinere Dreieck ist.

II. Um eben so die Höhe der Spitze B eines senkrechten Thurmes AB (Fig. 13) über dem Horizonte AC zu finden, messe man die

Fig. 13.



horizontale Linie AC von dem Fusspunkte A des Thurmes bis zu irgend einem willkürlichen Punkte C und in diesem letzten Punkte den Winkel ACB. Dann ist die gesuchte Höhe AB gleich der gemessenen Seite AC, multiplicirt mit der Tangente des Winkels ACB (Einl. §. 32). Ist z. B. $AC = 50$ Fuss und $ACB = 80$ Grade, so hat man für die gesuchte Höhe $AB = 283.56$ Fuss, und dasselbe wird man auch durch das verjüngte Dreieck abc finden, dessen Winkel in a gleich 90 und in c gleich 80 Graden sind.

Ist $AC = 50$ Fuss die Länge des Schattens des von der Sonne beschienenen Thurmes AB und beträgt zu derselben Zeit die Schattenlänge Ca eines 10 Fuss langen und senkrecht auf den Horizont gestellten Stabes ab 1.763 Fuss, so kann das Dreieck abC selbst als das verjüngte des grossen ABG angesehen werden, und da sich die Höhe des Thurmes zu der des Stabes verhält wie der Schatten des Thurmes zu dem des Stabes, so hat man die einfache Proportion

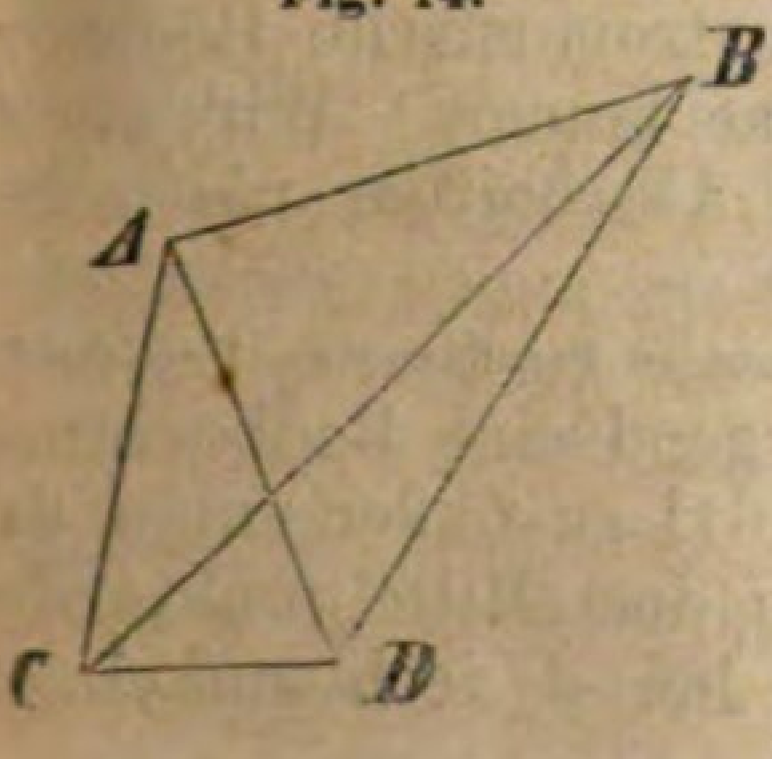
$$1.763 : 10 = 50 : AB,$$

woraus für die gesuchte Höhe des Thurmes folgt $AB = 283.56$ Fuss wie zuvor.

Diess setzt voraus, dass man von C bis zu dem Fusspunkte A des Thurmes kommen kann, um die Länge der Linie AC oder um den Schatten des Thurmes zu messen. Wenn diess aber nicht angeht und der Beobachter z. B. durch einen Fluss von dem Thurme getrennt ist, so wird er von dem Punkte C aus in der Richtung nach dem Fusspunkte A eine gerade Linie CD als Basis und an ihren beiden Endpunkten C und D die Winkel ACB und ADB messen. Auf diese Weise wird er in den Stand gesetzt, das zu BCD gehörige verjüngte Dreieck zu construiren und dadurch die Länge der Linie BC zu finden. Kennt er aber BC und den anliegenden Winkel ACB, so wird er wie früher das verjüngte in a rechtwinkelige Dreieck abC construiren und daraus die Seite ab also auch die gesuchte Höhe AB des Thurmes finden.

III. Bestimmen wir nun noch die horizontale Distanz AB (Fig. 14) zweier Punkte A und B, zu deren keinem man unmittelbar mit dem Massstabe gelangen kann.

Fig. 14.



Zu diesem Zwecke wird man in derselben horizontalen Ebene, in welcher die Linie AB liegt, die Länge irgend einer willkürlichen Standlinie CD mit einer Messkette und überdiess, an den beiden Endpunkten C und D dieser Basis, die vier Winkel ACB, BCD, BDC, ADC mit dem Winkelmesser bestimmen. Diess vorausgesetzt, wird man auf der Ebene des Papiers das verjüngte Dreieck acd verzeichnen, da man zwei Winkel und die ihnen anliegende Seite cd

kennt. An dieser Seite *cd* wird man eben so das verjüngte Dreieck *bcd* verzeichnen, dessen zwei Winkel mit derselben anliegenden Seite *cd* ebenfalls bekannt sind. Durch diese Construction der beiden Dreiecke *acd* und *bcd* sind aber auch die beiden Punkte *a* und *b* in der Ebene der Tafel gegeben, deren Distanz *ab* man daher nur mit dem zur Construction der Basis *cd* gebrauchten Massstabe zu messen braucht, um sofort den gesuchten gegenseitigen Abstand der beiden Punkte *A* und *B* auf dem Felde zu erhalten.

IV. Das Vorhergehende wird mehr als hinreichen uns von den Messungen der Distanzen solcher Körper, die uns selbst ganz unzugänglich sind, einen deutlichen Begriff zu geben. Wir bemerken nur noch, dass die Bestimmungen dieser Distanzen, da sie nicht durch unmittelbare Messungen sondern erst durch Schlüsse oder durch Rechnungen oder, was im Grunde dasselbe ist, durch graphische Verzeichnungen, die auf jene Messungen gegründet sind, erhalten werden, im Allgemeinen desto genauer sein müssen, je zuverlässiger jene vorhergegangenen Messungen sind, und dass man z. B. in den beiden letzten Aufgaben die Höhe des Thurmes *AB* (Fig. 13) oder die Distanz der beiden Punkte *A* und *B* (Fig. 14) mit einer um so grösseren Genauigkeit erhalten wird, je grösser die den beiden erwähnten Verfahren zu Grunde liegende Basis *CD* ist. Wenn nämlich diese Grundlinie *CD* in Beziehung auf die Distanzen *AC*, *BD* sehr klein ist, so werden auch die an den Endpunkten *C* und *D* gemessenen Winkel nur sehr wenig von einander verschieden sein, und dann wird der geringste, oft ganz unvermeidliche Fehler, den man entweder in der Messung dieser Grundlinie oder auch in der Beobachtung jener Winkel begangen hat, schon einen sehr nachtheiligen Einfluss auf die daraus abgeleitete Grösse *AB* haben. In der Geodäsie hängt die Wahl der Lage und der Grösse dieser Standlinie *CD* meistens von uns ab, nicht so aber ist es in der Astronomie, weil es da geschehen kann, dass die Distanzen der himmlischen Körper von der Erde so ungemein gross sind, dass auch die grössten Grundlinien, die wir auf der Erde selbst noch ziehen können, gegen jene Distanzen sehr klein sind und beinahe als verschwindend betrachtet werden müssen, so dass also diese Distanzen in allen jenen Fällen nicht mehr mit der hier wünschenswerthen Schärfe bestimmt werden können.

Wir wollen nun zu der Anwendung des Vorhergehenden auf die Körper des Himmels übergehen, und zuerst sehen, wie man, wenn die Horizontalparallaxe derselben (§. 61) als bekannt vorausgesetzt wird, daraus die Entfernung dieser Körper von uns oder von dem Mittelpunkte der Erde ableiten kann. Diess wird keine weiteren Schwierigkeiten darbieten, da es bloss als eine Wiederholung des in §. 62. *I.* Gesagten betrachtet werden kann. Allein dann wird noch die Frage zu beantworten sein, auf welche Weise man durch astronomische Beobachtungen zur Kenntniss jener Parallaxe der Gestirne kommt. Wir wollen diese Gegenstände in den beiden nun folgenden Abschnitten näher betrachten.

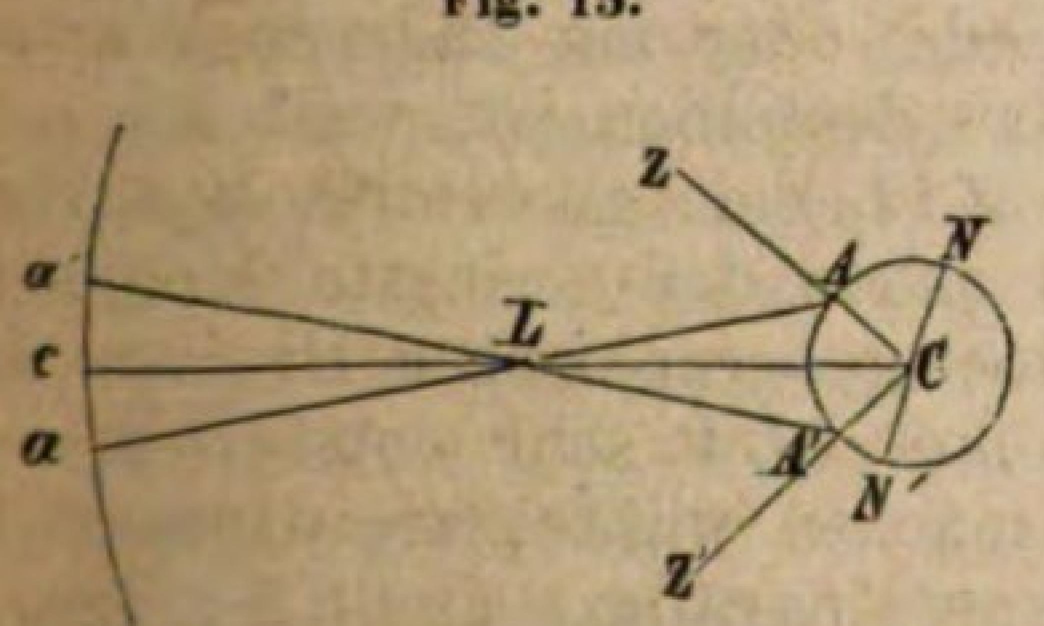
§. 63. (Wie man die Entfernung des Gestirns aus der bekannten Parallaxe desselben findet.) Man sieht von selbst, dass, wenn man durch irgend eine Beobachtung dahin gelangt ist, die Parallaxe des Mondes (§. 61) zu finden, man dadurch auch schon die Entfernung desselben von dem Mittelpunkte der Erde gefunden hat. Da man nämlich in dem bei *A* rechtwinkeligen

Dreiecke ACL (Fig. 11) den Winkel ALC oder die Parallaxe des Mondes und die Seite AC oder den Halbmesser der Erde kennt, der (nach §. 4) 859.4 d. Meilen beträgt, so wird man nur das Dreieck ACL nach den bekannten Vorschriften der ebenen Trigonometrie oder auch nach dem oben (§. 49. *I.*) vorgetragenen graphischen Verfahren auflösen, um daraus die gesuchte Entfernung LC des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde zu finden. Die erwähnten Beobachtungen gaben den Winkel ALC oder die Horizontalparallaxe des Mondes nahe gleich einem Grade, woraus folgen würde, dass die Entfernung LC desselben von dem Mittelpunkte der Erde 49236 Meilen beträgt. Offenbar ist diess ganz dasselbe Verfahren wie das in §. 62. *I.* vorgetragene, wenn nämlich in dem Dreiecke BCD (Fig. 12) B den Mittelpunkt, BD den Halbmesser der Erde, D den Beobachter und C das Gestirn, also der Winkel $BCD = 90^0 - CBD$ die Horizontalparallaxe des Gestirns bezeichnet.

§. 64. (Wie die Parallaxe durch Beobachtungen bestimmt wird.) Es wird aber leicht sein, sich mehrere Arten von Beobachtungen vorzustellen, durch die man die Parallaxe des Mondes finden kann. Sucht man z. B. denjenigen Ort A' (Fig. 11) der Oberfläche der Erde, der den Mond L in demselben Augenblicke in seinem Zenithe (Einl. §. 8) d. h. in der Verlängerung seines Erdhalbmessers CA' sieht, während ein anderer Ort A den Mond in seinem Horizonte AL erblickt, so werden sich zwei Beobachter, die sich zu diesem Zwecke verabredet haben, nach den Punkten A und A' begeben. Misst dann jeder von ihnen in dem entsprechenden Augenblicke die Distanz Ma und Mc des Mondes von irgend einem benachbarten Fixsterne M, so wird die Differenz ac dieser scheinbaren Distanzen die gesuchte Horizontalparallaxe des Mondes sein.

Da es aber vielleicht schwer wäre, diese beiden Orte der Erde mit der hier nöthigen Genauigkeit auszuwählen, und da überhaupt alle Beobachtungen der Gestirne in der Nähe des Horizonts sehr unsicher sind, wovon wir die Ursache später kennen lernen werden, so wollen wir die Parallaxe der Gestirne noch auf eine andere Art zu bestimmen suchen. Sei C (Fig. 15) der Mittelpunkt und NN' der Nord- und Südpol der Erde. Die beiden Beobachter A und A' sollen zu beiden Seiten des Aequators und in demselben Meridian $NAA'N'$ liegen, so dass daher der Mond L für beide zu derselben Zeit culminirt. Nehmen wir an, dass beide die Zenithdistanzen des Mondes zur Zeit seiner Culmination beobachtet haben. Diese Zenithdistanzen sind die Winkel LAZ und $LA'Z'$, welche die Gesichtslinien LA und LA' mit den verlängerten Erdhalbmessern CA und CA' bilden. Kennt man aber diese beiden Winkel durch die unmittelbare Beobachtung, so sind auch die beiden an A und A' liegenden inneren Winkel des Vierecks $LACA'$ bekannt. Der Winkel ACA' desselben Viereckes ist gleich der Summe der geographischen Breiten (Einl. §. 18. *II.* und §. 23) der beiden Beobachter und daher ebenfalls eine gegebene Grösse, wenn, wie hier vorausgesetzt wird, die Breiten der Beobachtungsorte A und A' gegeben sind. Demnach kennt man auch den vierten Winkel ALA', da die vier Winkel eines jeden

Fig. 15.



Vierecks immer vier Rechten gleich, und da drei derselben schon bekannt sind. Auch sieht man schon aus dem blossen Anblicke der Figur, dass in dem Dreiecke *ACL* die beobachtete Zenithdistanz *LAZ* der äussere Winkel, der bekanntlich den beiden inneren entgegengesetzten *ALC* und *ACL* zusammen genommen gleich ist, so dass also der Winkel *ALA'* am Monde gleich ist der Summe der beiden Zenithdistanzen weniger der Summe der beiden geographischen Breiten. Da sonach in dem Vierecke *ACA'L* alle Winkel und überdiess noch die zwei gleichen Seiten *AC* und *A'C*, die den Halbmesser der Erde ausdrücken, bekannt sind, so wird man dadurch auch das ganze Viereck nach §. 49. *I.* auflösen und die Entfernung *LC* des Mondes vom Mittelpunkte der Erde, und damit durch ein ähnliches Verfahren wie in §. 63 die Horizontalparallaxe des Mondes bestimmen.

Sollten die beiden Beobachter nicht genau in demselben Meridian sein, eine Bedingung, die nicht leicht zu erhalten ist, so wird es genügen, wenn ihre Meridiane, d. h. wenn ihre geographischen Längen nur eben nicht viel von einander verschieden sind. Dann werden nämlich die beiden beobachteten mittägigen Zenithdistanzen nicht mehr gleichzeitig sein, was doch eigentlich statthaben muss, wenn die Methode überhaupt noch anwendbar sein soll. Allein man kann entweder aus den Mondstafeln oder auch aus den an den vorhergehenden und nachfolgenden Tagen beobachteten Mittagshöhen des Mondes leicht die geringe Höhenänderung desselben ableiten, die der kurzen Zwischenzeit jener beiden Culminationen entspricht und so durch eine kleine Rechnung die beobachteten Zenithdistanzen auf gleichzeitige oder auf solche bringen, die in demselben Augenblicke stattgehabt hätten. Je weniger die Meridiane der beiden Orte von einander verschieden sind, desto kleiner und desto sicherer wird also auch jene Reduction sein. Umgekehrt aber wird man, wie es für sich klar ist, die Distanz der Parallelkreise *AA'* oder die Differenz der geographischen Breiten der Beobachter so gross als möglich nehmen, um die Parallaxe des Gestirns mit der grösstmöglichen Sicherheit zu bestimmen. Endlich wird diese Bestimmung im Allgemeinen desto genauer sein, je kleiner die Distanz *LC* des Gestirns von dem Mittelpunkte der Erde, oder mit anderen Worten, je grösser die gesuchte Horizontalparallaxe desselben ist, weil für sehr weit entfernte Gestirne die Zenithdistanz *ZAL* dem geocentrischen Winkel *ZCL* sehr nahe gleich ist, so dass schon der geringste Fehler in diesen Zenithdistanzen, oder auch in den geographischen Breiten der Beobachtungsorte, den sehr kleinen Winkel *ALA'* sehr entstellen und endlich die ganze Methode unbrauchbar machen würde, wie diess z. B. bei der Sonne der Fall ist, da ihre Horizontalparallaxe nur 8.57 Sekunden beträgt.

Für die der Erde sehr nahen Gestirne, wie z. B. für den Mond, wird man selbst diese Correspondenz eines zweiten Beobachters entbehren und die Parallaxe schon durch einen einzelnen Beobachter bestimmen können, ohne dass dieser genöthigt wäre, seine Stelle auf der Oberfläche der Erde zu verlassen. Wenn nämlich der Mond *L* (Fig. 11) für den Beobachter in *A* aufgeht, so sieht er ihn bei dem Sterne *a*, während ihn ein Beobachter im Mittelpunkte *C* der Erde bei dem Sterne *c* sehen würde, so dass, wie gesagt, *ac* die Horizontalparallaxe des Mondes ist. Allein der Beobachter kennt den Stern noch nicht, bei dem

der Mond, von *C* gesehen, erscheinen würde, also ist ihm auch dieser Bogen *ac* noch unbekannt. Aber einige Stunden später, wo der Mond bei gehöriger Wahl des Beobachtungsortes durch das Zenith *Z* desselben Beobachters *A* geht, fallen die beiden Linien *LA* und *LC* zusammen, nämlich beide auf die Linie *CAZ*, und nun sieht der Beobachter in *A*, so wie der in *C*, den Mond bei demselben Stern *c*, dessen Distanz von *a* man daher nur zu messen braucht, um die gesuchte Horizontalparallaxe *ac* des Mondes zu erhalten. Noch besser wird es sein, den Mond bei seinem Aufgange und bei seinem darauf folgenden Untergange zu beobachten, weil man auf diese Weise die doppelte Horizontalparallaxe erhält und kleinere Fehler der Beobachtungen, die man nie ganz vermeiden kann, einen geringeren Einfluss auf das gesuchte Resultat haben.

So wie übrigens der Winkel *CLA*, wo das Gestirn *L* im Horizonte *AL* des Beobachters ist, die Horizontalparallaxe des Gestirns heisst, so heisst auch der Winkel *CL'A*, wo das Gestirn *L'* von dem Beobachter in *A* in der Höhe *LAL'* über seinem Horizonte (s. Einl. §. 10) gesehen wird, die Höhenparallaxe des Gestirns, die immer kleiner wird, je grösser die Höhe *LAL'* des Gestirns ist, bis sie endlich im Zenithe, wo die Höhe gleich 90° wird, völlig verschwindet. Man sieht leicht, dass die Höhenparallaxe eines Gestirns gleich ist der Horizontalparallaxe multiplicirt mit dem Cosinus (Einl. §. 32) der Höhe desselben.

§. 65. (Wie die Grösse der Gestirne gefunden wird.) Wir haben oben (§. 62) gezeigt, wie man, wenn die Horizontalparallaxe eines Gestirns bekannt ist, die Entfernung desselben von der Erde finden kann. Nimmt man nämlich den Halbmesser der Erde zu 859.4 Meilen (§. 4) an, so findet man die Entfernung des Mittelpunktes des Gestirns von dem der Erde, wenn man diese Zahl 859.4 durch den Sinus (Einl. §. 32) der Horizontalparallaxe dividirt. Für die Sonne z. B. hat man, wie wir bereits oben gesagt haben, die Horizontalparallaxe 8″.57, also wäre die Entfernung derselben von dem Mittelpunkte der Erde gleich 20680000 Meilen.

Der Planet Venus, der unter der Benennung des Morgen- und Abendsterns bekannt ist, erscheint uns in seinem Durchmesser von sehr verschiedener Grösse, woraus folgt, dass seine Entfernung von der Erde ebenfalls sehr verschieden sein müsse. Wenn er uns am nächsten steht, oder wenn er am grössten erscheint, beträgt seine Horizontalparallaxe 34″.58, woraus, wie zuvor, folgt, dass er zu dieser Zeit 5127000 Meilen von uns entfernt ist. In seinem grössten Abstande von der Erde ist seine Horizontalparallaxe nur 5″.06 und daher seine Entfernung 35036000 Meilen.

Kennt man einmal die Entfernung eines Gestirns von der Erde, so darf man sie nur mit dem Sinus des scheinbaren Halbmessers desselben multipliciren, um sofort auch den wahren Halbmesser des Gestirns zu erhalten. Der scheinbare Halbmesser ist die Hälfte des Winkels, z. B. in Sekunden ausgedrückt, unter welchem uns der Durchmesser des Gestirns erscheint, während der wahre Halbmesser desselben den Abstand des Mittelpunktes des Gestirns (z. B. in Meilen ausgedrückt), von irgend einem Punkte seiner sphärischen Oberfläche bezeichnet. Kennt man aber den wahren Halbmesser einer Kugel, so findet

man daraus, nach den in §. 5 aufgestellten Formeln, auch die Oberfläche und den körperlichen Inhalt derselben, jenen in Quadrat- und diesen in Kubik-Meilen. Um endlich bei diesen kleinen Rechnungen die Sinus gänzlich zu vermeiden, kann man auch sagen, dass der wahre Halbmesser eines Gestirns gleich ist der Zahl 859.4, multiplicirt durch den scheinbaren Halbmesser und dividirt durch die Horizontalparallaxe des Gestirns.

So hat man für die Sonne den scheinbaren Halbmesser 961″ und die Horizontalparallaxe 8″.57, also ist der wahre Halbmesser der Sonne 96400 Meilen, oder nahe 112mal grösser als der Halbmesser der Erde. Da sich nun die Oberflächen der Kugeln wie die Quadrate, und die körperlichen Inhalte derselben wie die Würfel ihrer Halbmesser verhalten, so folgt, dass die Oberfläche der Sonne 12544mal grösser ist, als die der Erde, und dass das Volumen der Sonne 1404900mal grösser ist, als das der Erde, oder dass man aus der Sonne gegen 1 ½ Millionen solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, bilden könnte.

Wendet man endlich dieselben kleinen Berechnungen auf die Venus an, deren scheinbarer Halbmesser in ihrer grössten Nähe 32″.8 und in ihrer grössten Entfernung 4″.8 ist, so findet man für den wahren Halbmesser der Venus 815 Meilen, woraus folgt, dass dieser Planet nur wenig kleiner ist, als unsere Erde.

§. 66. (Genauigkeit der vorhergehenden Bestimmungen.) Die vorhergehenden Bestimmungen der Entfernung sowohl, als auch die der absoluten Grösse der Gestirne beruhen, wie man sieht, auf den Winkeln, welche die scheinbaren Halbmesser und die Horizontalparallaxe dieser Gestirne ausdrücken. Je genauer diese Winkel gemessen werden können, desto genauer werden auch im Allgemeinen die daraus durch Rechnung abgeleiteten Resultate für die Entfernung und die Grösse der Gestirne sein. Eine besondere Sorgfalt wird man aber auf die genaueste Bestimmung der Horizontalparallaxe vorzüglich in denjenigen Fällen wenden, wo diese Parallaxe, wie bei der Sonne, selbst nur sehr klein ist. Denn da nach dem Vorhergehenden der Bruch, der die Entfernung sowohl als die absolute Grösse ausdrückt, zu seinem Nenner diese Parallaxe hat, so wird der geringste Fehler in der letzten auf die Bestimmung der Entfernung sowohl als auf die des wahren Halbmessers des Gestirns schon einen sehr bedeutenden Einfluss äussern. Wäre z. B. die Horizontalparallaxe der Sonne um eine Sekunde grösser, also 9″.57, so würde der wahre Halbmesser derselben 86300, also über 10000 Meilen kleiner als früher, und die Entfernung derselben von der Erde 18520000, oder über 2 Millionen Meilen kleiner als zuvor gefunden werden. Besonders wichtig wird die Bestimmung der Sonnenparallaxe sein, weil diese Grösse, wie wir später sehen werden, auf die genaue Kenntniss der Dimensionen unseres ganzen Planetensystems den wichtigsten Einfluss hat, und weil sie, oder was dasselbe ist, weil die aus ihr abgeleitete Entfernung der Sonne von der Erde gleichsam der Massstab ist, mit welchem wir alle übrigen Distanzen der Himmelskörper auszumessen pflegen. Wir werden daher weiter unten die Leser noch mit andern Mitteln bekannt zu machen suchen, diese Parallaxe der Sonne mit bedeutend grösserer Schärfe zu bestimmen, als es durch die bisher vorgetragenen Methoden möglich ist. — Uebrigens würde man aus diesen grossen Unterschieden mit Unrecht folgern, dass wir die Entfernungen

aller Körper unseres Planetensystems nur sehr unvollkommen kennen, da jene grossen Differenzen nur für die von uns sehr entfernten, nicht aber auch für die näheren Gestirne statthaben. Für den Mond z. B. findet man (§. 63), wenn man die Horizontalparallaxe gleich einem Grad voraussetzt, die Entfernung desselben gleich 49236 Meilen. Ist aber die Horizontalparallaxe desselben gleich 1° 0′ 1″, so ist die Entfernung gleich 49223 Meilen. Sind wir also über die Horizontalparallaxe des Mondes eine Sekunde ungewiss, so heisst diess, dass wir über die Entfernung desselben nur über 13 Meilen oder über den 3800sten Theil der ganzen Distanz ungewiss sind. Es ist aber sehr zweifelhaft, ob wir selbst die Distanz der vorzüglichsten Städte der Erde auf ihren 3800sten Theil genau kennen; demnach darf man allerdings sagen, dass die Astronomen die Wege am Himmel oft besser wissen, als unsere Geographen auf der Erde.

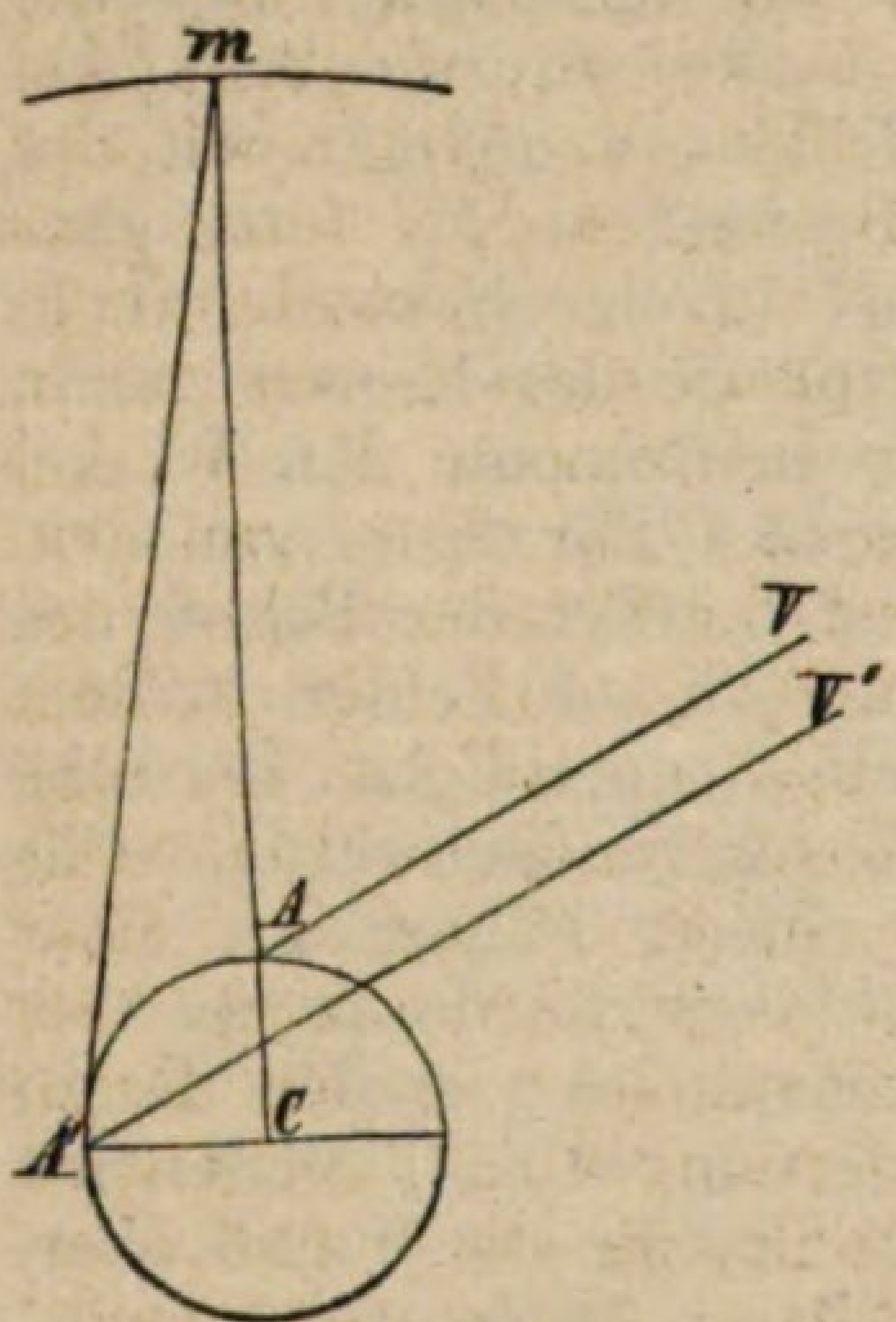
I. Was aber überhaupt unsere Messungen der Winkel zwischen den Gestirnen des Himmels betrifft, so wollen wir bemerken, dass die Kreise unserer besten neueren Instrumente von zwei zu zwei Sekunden getheilt sind, und dass man in den meisten Fällen, wenn man mit der gehörigen Umsicht zu Werke geht und die Beobachtungen unter günstigen Umständen wiederholt, jeden Winkel bis auf eine Sekunde, d. h. also, bis auf den 1296000sten Theil der Peripherie des Kreises genau erhalten kann. Misst man mit einem solchen Instrumente den Winkel eines Gegenstandes, der eine d. Meile oder 22843.4 Par. Fuss von dem Mittelpunkte des Instruments entfernt ist, und beträgt der Fehler des beobachteten Winkels eine Sekunde, so beträgt dieser Fehler in dem Gegenstande selbst einen Fehler von 0.1107 Fuss, um welchen derselbe in seinem Durchmesser zu klein oder zu gross gefunden würde. Für eine Entfernung von 100 oder 1000 M. würde dieser Fehler von einer Sekunde 11.07 oder 110.74 Fuss u. s. w. Kurz, er würde immer den 0.00000485sten Theil der Entfernung des Gegenstandes von dem Beobachter betragen. Für den Mond, dessen Entfernung 49200 Meilen ist, würde dieser Fehler nahe zwei Zehntel einer Meile, für die Sonne aber, die 20½ Millionen M. von uns absteht, würde dieser Fehler schon nahe 100 M. ausmachen, über die wir z. B. in dem wahren Halbmesser der Sonne unsicher sind, wenn der Fehler unserer Beobachtung des scheinbaren Halbmessers derselben eine Sekunde beträgt. Uebrigens ist eine Sekunde, am Himmel gesehen, nur eine sehr kleine Grösse, und nur durch unsere besseren Fernröhre mit einiger Sicherheit zu messen, da der Durchmesser der Sonne nahe 2000 Sekunden und der des Saturns, ohne seinen Ring, so klein er uns auch erscheint, doch volle 18 Sekunden, d. h., kaum den dritten Theil des Raumes beträgt, den ein gewöhnliches Menschenhaar mit seiner Breite am Himmel bedecken würde, wenn es in der Entfernung vom Auge, wo es am reinsten und deutlichsten erscheint, gehalten wird.

II. Um dieselbe Sache noch von einer anderen, unserem Zwecke mehr angemessenen Seite darzustellen, wollen wir bedenken, dass wir, der vorhergehenden Voraussetzung gemäss, mittelst unserer Instrumente und der an sie angebrachten Fernröhre den Durchmesser eines Gegenstandes noch bemerken und selbst an unserem Instrumente messen können, wenn derselbe in unserem durch das Fernrohr bewaffneten Auge einen Winkel von einer Sekunde einnimmt, oder was dasselbe ist, wenn

dieser Durchmesser nur den 0.00000485sten Theil, oder nahe den zweimalhunderttausendsten Theil der Entfernung des Gegenstandes von unserem Auge beträgt. Also werden wir auch in dem scheinbaren Orte dieses Gegenstandes schon eine Aenderung, und zwar von einer Sekunde bemerken, wenn wir den Standpunkt unseres Auges, oder wenn wir den Mittelpunkt unseres Instrumentes, senkrecht auf die Gesichtslinie, um eine Grösse verrücken, die nur den 200000sten Theil jener Entfernung des Gegenstandes von uns ausmacht, und wenn wir, bei einer solchen Verrückung des Auges, keine Aenderung an dem scheinbaren Orte des Gegenstandes bemerken sollten, so werden wir daraus den Schluss ziehen, dass er noch weiter von uns entfernt sein muss, als diese Verrückung des Auges, 200000mal genommen, beträgt.

Nehmen wir z. B. an, der Mittelpunkt unseres Instrumentes sei in der Peripherie des Kreises AA' (Fig. 16), und zwar zuerst in dem Punkte A aufgestellt, und man habe damit den Winkel VAm des Gegenstandes m mit der fixen Linie AV gemessen. Es sei nun AA' ein Bogen von 90 Graden und die Linie $A'V'$ mit AV parallel. Wenn der Halbmesser CA oder CA' des Kreises fünf Fuss und die Distanz Cm des Gegenstandes eine Million Fusse oder nahe 44 M. beträgt, so werden wir, wenn wir von A nach A' gehen, wo der Halbmesser $A'C$ senkrecht auf die erste Gesichtslinie CAm steht, mit unbewaffnetem Auge und ohne Instrument keine, auch nicht die geringste Aenderung in dem scheinbaren Orte des Gegenstandes m bemerken, oder die Winkel VAm und $V'A'm$ werden uns vollkommen gleich erscheinen. Mit unserem Instrumente aber werden wir, wenn wir den Mittelpunkt desselben in A' aufstellen, den Unterschied dieser Winkel, da er in der That eine Sekunde beträgt, schon bemerken können.

Fig. 16.



III. Diess ist demnach einer von den Fällen, die so oft in der Astronomie vorkommen, wo uns genaue Messungen, die wir mit Hülfe eines guten Instruments angestellt haben, in eine sehr vortheilhafte und von jener ganz verschiedene Lage versetzen, mit welcher wir uns, ohne den Beistand dieser Instrumente und bloss unseren Sinnen vertrauend, begnügen müssten. Durch die Unterstützung dieser Instrumente, durch den vollkommenen Bau und die genaue Eintheilung der Kreise sowohl, als auch durch die Vorzüglichkeit der Fernröhre, die beide durch die Künstler unserer Zeit zu einem so hohen Grade der Vollendung gebracht worden sind, ist es uns möglich geworden, Gegenstände, von welchen unsere Vorfahren keine Ahnung haben konnten, nicht bloss zu sehen, sondern förmlich zu beobachten, einer genauen Messung zu unterwerfen, darauf mit Sicherheit weitere Schlüsse zu bauen und auf diesem Wege die Natur um ihre so lange vor uns verborgenen Geheimnisse zu befragen. Aber, so weit wir auch auf dieser Bahn vorgedrungen sind, und so sehr sich, durch die Vervollkommnung jener mechanischen Hülfsmittel sowohl, als auch durch die Vollendung der mathematischen

Analyse, dieses wundervollen Instrumentes unseres geistigen Auges, so sehr sich auch durch diese vielfache Hülfe der Kreis unserer Kenntnisse der Natur und ihrer Gesetze erweitert haben mag — noch liegt ein grosser Theil dieses unabsehbaren Feldes unerforscht und in Dunkel gehüllt vor uns, und unseren glücklicheren Nachkommen wird es aufbehalten sein, die uns unübersteiglichen Hindernisse zu besiegen, die Grenzen der Wissenschaft zu erweitern und den, in Betracht des noch Unbekannten, gewiss nur sehr kleinen Schatz von Kenntnissen, den wir ihnen mit Vertrauen als ihr bestes Erbe hinterlassen, durch Fleiss und Einsicht und durch neue Verbesserungen ihrer Hülfsmittel zu vermehren. Wir werden nur zu bald sehen, wo und wie sehr es uns noch fehlt, wie viel uns noch zu wünschen übrig ist und wie beschränkt unsere Kenntnisse selbst in derjenigen Wissenschaft sind, in welcher der menschliche Geist weiter, als in jeder anderen, vorgedrungen ist.

§. 67. (Entfernung und Grösse der Fixsterne.) Wir haben oben (§. 64) die Mittel vorgetragen, die Horizontalparallaxe der Gestirne durch Beobachtungen zu bestimmen und sie auch auf einige Körper unseres Planetensystems, auf den Mond, die Venus und die Sonne angewendet. — Allein diese Körper sind alle, wenn sie gleich durch Tausende, ja selbst durch Millionen Meilen von uns getrennt sind, doch immer noch für nahe, wenigstens für so nahe zu achten, dass der Halbmesser unserer Erde, in Beziehung auf die Distanz jener Körper, nicht mehr als ein ganz verschwindender Punkt angesehen werden darf, wenigstens nicht für die besten unserer Instrumente, mit welchen wir, wie wir oben angenommen haben, die gewiss sehr kleine und unseren unbewaffneten Augen ganz unmerkliche Grösse von einer Sekunde noch deutlich unterscheiden können. Für den entferntesten Körper unseres Systems, für den Planeten Neptun, beträgt diese Horizontalparallaxe, selbst wenn sie am grössten ist, nur 0.30 einer Sekunde, und sie ist daher bereits so klein, dass wir sie, ungeachtet der grossen Vollkommenheit unserer neueren Instrumente, nur mit Mühe bemerken würden. Auch ist sie nicht durch Beobachtungen der Art, wie die in §. 64 erklärten, erhalten worden. Aber nach dem oben (§. 58) angeführten Gesetze Kepler's und der bekannten Umlaufszeit des Neptun um die Sonne, die 164.6 Jahre beträgt, findet man, dass seine kleinste Entfernung von der Erde 595 Millionen Meilen übersteigt. Dividirt man also den Halbmesser der Erde von 859 M. durch 595 Millionen, so erhält man den Sinus der Horizontalparallaxe dieses entferntesten aller Planeten, die also, auf diesem Wege, gleich 0''.30 gefunden wird.

Allein dieser Weg ist uns für die Fixsterne verschlossen, da diese nicht, wie die Planeten, für welche allein jenes Gesetz gilt, sich um die Sonne bewegen. Dass aber diese Fixsterne noch weiter, als jener Planet, von uns entfernt sein müssen, folgt schon daraus, weil wir diesen Planeten, so oft er an einem jener Sterne nahe vorbei geht, sie bedecken sehen, während man noch nie einen Stern auf der Scheibe des Planeten, oder während man noch nie einen Stern vor dem Planeten gesehen hat.

Da nun die Parallaxe des Neptun bereits so klein ist, dass sie selbst für unsere besten Instrumente als kaum bemerkbar betrachtet werden muss, so würde es eine vergebliche Mühe sein, die Parallaxe,

also auch die Entfernung der noch viel weiter entfernten Fixsterne durch eine der oben angeführten Methoden kennen lernen zu wollen.

Wir haben oben (§. 62. *IV.*) gesehen, dass bei diesen Methoden, die Parallaxe zu bestimmen, alles auf die Grösse der Basis oder der Grundlinie ankommt, und dass das Resultat im Allgemeinen desto genauer sein wird, je grösser diese Basis ist. Allein die grösste dieser Grundlinien, die wir auf der Erde erhalten können, ist der Halbmesser, oder wenn man das Doppelte dieser Parallaxe sucht, der Durchmesser der Erde, d. h. eine gerade Linie von 1718.8 Meilen. Diese Grösse, die nahe zehnmal grösser ist, als die Distanz von Wien nach Paris, ist daher gegen die Distanz der Fixsterne von uns nur als ein unmerklicher Punkt zu betrachten, und wir haben, so lange uns keine andere Standlinie, als der Halbmesser der Erde gegeben wird, durchaus kein Mittel, die Entfernung derjenigen Himmelskörper zu bestimmen, die beträchtlich weiter als Neptun von uns abstehen. Ein Gestirn, welches eine Billion Meilen von uns entfernt ist, würde eine Parallaxe von 0.0002 einer Sekunde oder eine so geringe Grösse haben, dass sie wohl nie für ein menschliches Auge bemerkbar sein wird, welches auch die Verbesserungen sein mögen, deren in der Folgezeit unsere Instrumente sich noch erfreuen können.

§. 68. (Jährliche Parallaxe der Fixsterne.) Wenn aber die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne, die wir in dem vorhergehenden Kapitel betrachtet, und aus den dort angeführten Gründen bereits sehr wahrscheinlich gefunden haben, in der That wahr sein sollte, so würde uns dadurch nicht nur die gewünschte grössere Basis, sondern auch zugleich einer der schönsten Beweise für diese jährliche Bewegung der Erde selbst gegeben sein. Denn, wenn die Erde sich in der That in jedem Jahre in einem Kreise bewegt, dessen Halbmesser gleich der Entfernung derselben von der Sonne oder gleich 20680000 M. ist, so werden wir uns auf diesem unserem Weltschiffe am Ende eines jeden halben Jahres an einer Stelle des Himmels befinden, die über 41 Millionen Meilen von dem Punkte entfernt ist, wo sich die Erde am Anfange jenes Semesters befand, und eine so gewaltige Entfernung wird wohl auf die, aus diesen beiden Stellungen der Erde sichtbaren Gestirne und ihre Lage am Himmel, einen sehr deutlichen Einfluss äussern. Dadurch wäre uns also ein ganz anderer Massstab, die Räume des Universums auszumessen, gegeben, der gegen 24000mal grösser ist, als jener erste, und für den daher auch wohl jene kleinen Winkel, die in Beziehung auf den Halbmesser der Erde für unsere Sinne gänzlich verschwinden, da sie nun nahe in demselben Verhältnisse oder 24000mal vergrössert werden, sich unseren Beobachtungen nicht weiter entziehen werden. Wir wollen diesen glücklichen Umstand, in welchen uns die Bewegung unserer Erde versetzt, und durch welchen unser Gesichtskreis am Himmel so bedeutend erweitert werden soll, sogleich näher betrachten.

Zuerst wird es zweckmässig sein, sich von der eigentlichen Grösse dieser neuen Standlinie von 41 Millionen Meilen einen uns mehr angemessenen sinnlichen Begriff zu machen. Sie ist nahe 200000mal grösser als die Entfernung Wiens von Paris. Sie verhält sich zu einer Meile, wie die Zeit von nahe zwei Jahren zu einer Sekunde. Die schnellsten englischen Rennpferde legen in einer Sekunde 50 Par. Fuss zurück. Ein solches Pferd würde, um den Durchmesser der Erdbahn von

41 Millionen Meilen zurückzulegen, volle 594 Jahre brauchen. Die grösste Geschwindigkeit eines leichtsegelnden Schiffes, die man bisher bemerkt hat, ist unter den günstigsten Umständen von Wind und Wasser auf der See, gleich 26 Par. Fuss in einer Sekunde oder nahe 100 Meilen in einem Tage. Ein solches Schiff würde daher auf jenem, dem Durchmesser unserer Erdbahn gleichen Wege 1178 Jahre zubringen.

Dieser Weg darf also in der That ungeheuer genannt werden. Und an den beiden Endpunkten einer solchen unübersehlichen, beinahe unbegreiflichen Strasse — welche Veränderungen wird da der gestirnte Himmel und alle die Gegenstände erleiden, die zu beiden Seiten dieser Strasse in dem grossen Weltraume zerstreut sind? Sterne, die hier nahe beisammen stehen, weil sie so weit von uns entfernt sind, werden dort, wo wir ihnen 41 Millionen Meilen näher gekommen sind, weit aus einander stehen, und umgekehrt: anfangs weit von einander entfernte Sterne werden ganz nahe an einander rücken; solche Sterne, die uns hier gross erscheinen, werden dort kaum mehr gesehen werden, und dafür andere hell und gross erscheinen, die wir hier noch nicht sehen konnten; alle Sterne werden verändert, alle Sternbilder werden in ihrer Gestalt verrückt, und der ganze Himmel wird ein anderer sein.

Alles diess lässt sich allerdings bei einer so gewaltigen Veränderung unseres Standpunkts mit der grössten Wahrscheinlichkeit erwarten. Auch haben die Astronomen seit Kopernicus, d. h. seit ihnen diese Bewegung der Erde bekannt war, sich bemüht, jene wunderbaren Veränderungen des Himmels zu entdecken und durch ihre Beobachtungen über alle Zweifel zu erheben. Und welche Veränderungen haben sie bis vor etwa zwanzig Jahren gefunden? — Gar keine! Ihre besten Fernröhre, ihre vollkommensten Instrumente, die seit Jahrhunderten vereinigten Arbeiten der ausgezeichnetsten Beobachter — alles war umsonst; jene mit so vieler Sicherheit erwarteten Veränderungen existirten nicht, und das uns umgebende unübersehbare Heer von Sternen zeigte durchaus denselben Anblick, man mochte es am Anfange oder am Ende dieses 41 Millionen Meilen langen Weges betrachten. Alle diese mit so viel Aufwand von Zeit und Mühe angestellten Beobachtungen der Astronomen glichen den Bemühungen einer Milbe, die den Gipfel eines entfernten Gebirges zuerst von dieser, und dann von der anderen Seite eines Hirsekorns betrachtet.

§. 69. (Die Entfernung der Fixsterne ist ungemein gross.) Und was soll man aus dem Misslingen aller dieser Arbeiten schliessen? Eins von beiden: entweder ist es nicht wahr, dass die Erde sich um die Sonne bewegt, und dann fallen jene nur geträumten Veränderungen des gestirnten Himmels von selbst weg; oder aber, die Distanz dieser Fixsterne von uns ist so ungeheuer, dass selbst die Entfernung von 41 Millionen Meilen nur wie ein unmerklicher Punkt gegen jene Distanz verschwindet.

Das erste wird man nicht annehmen können, wenn man die Gründe, die in dem vorhergehenden Kapitel für die jährliche Bewegung der Erde aufgestellt sind, auch nur mit einiger Aufmerksamkeit erwägt.

Wenn jetzt in Fig. 11 C den Mittelpunkt der Sonne und zugleich den Mittelpunkt des Kreises $AA'B$ bezeichnet, welchen die Erde jährlich um die Sonne zurücklegt, so wird ein Fixstern L, wenn er in der That so weit von der Erde, oder, was hier dasselbe ist, von der Sonne entfernt ist, dass der Halbmesser CA der Erdbahn gegen jene Entfernung

nur als ein Punkt betrachtet werden muss, an demselben Orte des Himmels erscheinen, er mag von dem Mittelpunkte *C* der Sonne oder von dem *A* der Erde beobachtet werden, oder mit anderen Worten, der Winkel *ALC*, unter welchem einem Auge auf dem Sterne der Halbmesser *AC* der Erdbahn erscheint, wird viel kleiner als eine Sekunde, also für unsere Sinne, der obigen Annahme gemäss, unmerklich sein. Man kann diesen Winkel, analog mit der vorigen Bezeichnung, die jährliche Parallaxe des Gestirns heissen, während die bisher betrachtete, oder der Winkel, unter welchem der Halbmesser der Erde vom Gestirne aus erscheint, zum Unterschiede von jener, die tägliche Parallaxe des Gestirns genannt wird. Wir haben oben (§. 67) die tägliche Parallaxe des entferntesten unserer Planeten, des Neptun, gleich 0.30 Sekunden gefunden, und diese ist allerdings so klein, dass sie auch mit unseren besten Instrumenten kaum bemerkt werden kann. Die jährliche Parallaxe dieses Planeten aber ist der Winkel *L* des in *A* rechtwinkeligen Dreiecks, dessen Seite *CA* dem Halbmesser der Erdbahn und dessen Hypothenuse *CL* gleich der Entfernung des Planeten von der Sonne oder nahe 30mal grösser als *CA* ist. Daraus folgt, dass dieser Winkel, oder dass die jährliche Parallaxe des Neptun mehr als $1^0\ 54'$ beträgt, wie er denn auch durch alle Beobachtungen genau von dieser Grösse gefunden wird. Noch viel grösser ist er für die übrigen Planeten, die der Sonne alle näher stehen. Für Mars z. B., dessen Entfernung *CL* von der Sonne nahe ein und ein halbmal so gross als *CA* ist, beträgt die jährliche Parallaxe $41^0\ 49'$, ebenfalls den Beobachtungen vollkommen gemäss. Durch diese jährlichen Parallaxen der Planeten ist daher die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne bereits hinlänglich, als durch Thatsachen, die sich nicht weiter bezweifeln lassen, erwiesen, und wenn sich die jährliche Parallaxe der Fixsterne unseren Beobachtungen entzieht, so kann der Grund davon nicht mehr in der Nichtexistenz der Bewegung der Erde, sondern er muss allein in der zu grossen Entfernung der Fixsterne von uns gesucht werden.

§. 70. (Negative Bestimmung der Entfernung der Fixsterne.) Da dieser Durchmesser der Erdbahn die grösste Linie ist, die wir unseren Messungen der Entfernung der Fixsterne als Basis noch zu Grunde legen können, und da sie, wie wir so eben gesehen haben, noch immer viel zu klein ist, um uns über diese Entfernung irgend eine positive Kenntniss zu verschaffen, so werden wir uns wohl begnügen müssen, wenigstens die Grenze anzugeben, inner welcher, aller Wahrscheinlichkeit zu Folge, noch kein Fixstern gefunden werden kann. Wenn die jährliche Parallaxe des Sterns, das heisst also, wenn der Halbmesser der Erdbahn aus dem Stern gesehen, noch éine ganze Sekunde betrüge, so würden wir nach so vielen zu diesem Zwecke angestellten Beobachtungen den oder die Sterne schon längst gefunden haben, welchen diese Parallaxe zukommt. Nach dem Vorhergehenden aber ist die Entfernung eines Gestirns, dessen jährliche Parallaxe gegeben ist, gleich dem Halbmesser der Erdbahn dividirt durch den Sinus dieser Parallaxe. Nehmen wir daher den Halbmesser der Erdbahn zu 20680000 Meilen und die jährliche Parallaxe gleich einer Sekunde an, so finden wir für die Entfernung des Sterns eine Distanz von 4266000 Millionen oder, in runder Zahl, von vier Billionen Meilen. Daraus folgt also, dass der nächste Fixstern wenigstens noch vier Billionen Meilen von uns entfernt sein

müsse. Ja man könnte diese Distanz mit Recht noch verdoppeln, da es sich hier nicht um den Halbmesser, sondern um den Durchmesser der Erdbahn handelt, aus dessen äussersten Endpunkten wir, im Anfange und am Ende eines jeden halben Jahres, den Stern beobachten können, wo wir dann den Winkel *ALB* (Fig. 11) gleich zwei Sekunden finden würden, wenn die jährliche Parallaxe *ALC* nur eine einzige Sekunde betrüge.

Bleiben wir, um gewiss nichts zu übertreiben, und dafür desto sicherer zu gehen, bei der ersten Bestimmung stehen und wählen wir auch hier noch die kleineren runden Zahlen, so können wir mit Bestimmtheit sagen, dass der nächste Fixstern wenigstens noch vier Billionen M. oder 200000mal weiter, als die Sonne, von uns entfernt sein müsse. Der Kürze wegen wollen wir die Entfernung der Erde von der Sonne oder die Distanz von 20000000 Meilen eine *Erdweite*, und die 200000mal grössere des nächsten Fixsterns, oder die Distanz von 4 Billionen M. eine *Sternweite* nennen.

Wenn aber die Grösse jener Erdweite, wie wir in §. 68 gesehen haben, mit anderen sinnlichen Wahrnehmungen verglichen, uns schon so ungemein gross erscheint, wie sollen wir erst diese Entfernung des nächsten Fixsterns mit einem ihr würdigen Namen nennen? Sie verhält sich zu einer Meile wie 190000 Jahre zu einer Sekunde; jenes schnell segelnde Schiff würde gegen 118 Millionen Jahre und jenes Rennpferd würde noch immer über 59 Millionen Jahre brauchen, um diese Distanz von dem Fixstern bis zu uns zurückzulegen. Das Licht, dessen Geschwindigkeit die grösste ist, die wir in der Natur kennen, legt den Weg von der Sonne zur Erde in 8 Minuten und 13 Sekunden zurück; seine Geschwindigkeit ist also 38 Millionenmal grösser, als die jenes Schiffes, und doch würde es, um von jenem Fixsterne bis zu uns zu gelangen, auf seinem Wege mehr als drei volle Jahre zubringen. — Und diess gilt nur von dem *nächsten* Fixsterne. Die anderen können vielleicht noch viele tausend Male weiter von uns entfernt sein, ja es ist nicht nur möglich, sondern selbst wahrscheinlich, dass es Fixsterne gibt, von welchen das Licht, ungeachtet seiner an das Entsetzliche grenzenden Geschwindigkeit, erst in Jahrtausenden bis zu uns gelangt, so dass zur Zeit unseres *Moses* oder *Alexander* am Himmel totale Veränderungen vorgegangen sein können, von welchen wir, die wir ihn noch immer unverändert sehen, keine Kunde haben, weil der Bote, der sie uns bringen soll, weil das Licht seitdem noch nicht Zeit gehabt hat, aus jenem Raume bis zu uns zu gelangen. Der Himmel ist eine Zeitung, die uns Nachrichten aus allen Gegenden bringt; je entfernter die Gegend, desto älter die Nachricht.

§. 71. (Wahre Grösse der Fixsterne.) Wenn wir über die Entfernung der Fixsterne keine nähere Kenntniss haben, so bleiben wir auch über die wahre Grösse dieser Himmelskörper in Ungewissheit. Diese Ungewissheit wird noch dadurch vermehrt, dass wir die scheinbare Grösse derselben oder die Winkel, welche ihre Durchmesser in unserem Auge bilden, wegen der ungemeinen Kleinheit derselben, nicht mehr mit Zuverlässigkeit angeben können. Zwar erscheinen Sirius, Capella, Wega und andere Gestirne der ersten Grösse mit ihrem lebhaften Lichte dem freien Auge noch immer von nicht unbeträchtlicher Grösse, aber das scintillirende Licht, welches sie rings umgibt, ist nicht der Kern, der eigent-

liche Körper des Sterns, sondern nur ein nach allen Seiten überfliessendes parasitisches Licht, dessen Ursprung nicht sowohl in dem Stern, als vielmehr in der Unvollkommenheit unseres Auges zu suchen ist, daher denn auch im Allgemeinen die Fixsterne immer kleiner, immer mehr als eigentliche Punkte erscheinen, je vollkommener das Fernrohr ist, durch welches man sie betrachtet.

Da übrigens der wahre Halbmesser eines jeden kugelförmig gebauten Gestirns gleich ist dem Produkte der Entfernung desselben von der Erde in den Sinus des scheinbaren Halbmessers des Gestirns, so würde es leicht sein, die wahre Grösse desselben anzugeben, wenn man seine scheinbare Grösse und Entfernung als bekannt voraussetzen könnte. So will z. B. der ältere Herschel den scheinbaren Halbmesser des schönen Sterns in der Leier, der unter dem Namen Wega bekannt ist, gleich $1/6$ einer Sekunde gefunden haben. Nimmt man die Entfernung desselben gleich einer Sternweite oder gleich 200000 Erdweiten, oder seine jährliche Parallaxe gleich einer Sekunde an, so folgt daraus, dass sein wahrer Halbmesser gleich 0.16 Erdweiten oder, da eine Erdweite 214 Sonnenhalbmesser beträgt, gleich 34 Sonnenhalbmessern ist, so dass daher der körperliche Inhalt dieses Sterns den der Sonne gegen 39000mal übertreffen würde. Wäre die jährliche Parallaxe eines Sterns, so wie sein scheinbarer Halbmesser gleich einer Sekunde, so würde der wahre Halbmesser des Sterns gleich dem Halbmesser der Erdbahn oder der Stern würde so gross sein, dass er den Raum, den die Entfernung der Sonne von der Erde im Weltraume einnimmt, ganz ausfüllte. Damit der scheinbare Halbmesser der Sonne von der Erde gesehen, der jetzt 960 Sekunden beträgt, nur eine halbe Sekunde betrage, müsste die Distanz der Sonne von uns nahe gleich 1890 Erdweiten, oder sie müsste 1890mal grösser sein, als sie jetzt ist. Wollte man aber die Sonne in die Entfernung des nächsten Fixsterns, also in die Distanz von 4 Billionen Meilen von uns versetzen, so würde ihr scheinbarer Halbmesser nur mehr unter dem äusserst geringen Winkel von 0.002 Sekunden von uns gesehen werden.

Ohne Zweifel sind jene so weit von uns entfernten Fixsterne an Grösse unter einander sehr verschieden, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass viele derselben die Sonne an Grösse weit übertreffen, obschon sie alle darin unserer Sonne ähnlich sind, dass sie, wie diese, mit ihrem eigenen Lichte leuchten, während der Mond und die Planeten so wie andere an sich dunkle Körper nur durch das von der Sonne geborgte und von ihrer Oberfläche reflectirte Licht uns sichtbar werden. Ohne Zweifel sind jene Fixsterne ebenfalls solche Sonnen, um welche sich wieder andere dunkle Körper bewegen, die von ihren Centralpunkten, wie die Planeten von unserer Sonne, Licht und Wärme erhalten. Es ist selbst möglich, dass viele dieser Centralkörper, die Quelle der Bewegung unzähliger sie umkreisender Planeten und Kometen, an sich dunkle, also uns für immer unsichtbare Körper sind. Ueberhaupt sind wohl die lichten und dunklen Himmelskörper nicht eben so verschieden, wie wir sie uns bisher vorzustellen pflegten. Unsere Sonne selbst ist wahrscheinlich ein beinahe dunkler Körper, nur mit einer leuchtenden Atmosphäre umgeben. Der Mond, den wir für einen durchaus lichtlosen Körper halten, scheint doch auch ein eigenes phosphorescirendes Licht zu haben, wie seine Kupferfarbe bei totalen Mondsfinsternissen

zeigt. Die Kometen haben wahrscheinlich alle ein ihnen eigenthümliches Licht, und die sogenannten veränderlichen Sterne müssen sogar bald zu den dunklen, bald zu den lichten Körpern gezählt werden.

Wie es sich aber auch mit jenen uns leider noch ganz unbekannten Gegenständen verhalten mag, das eine geht aus unseren Beobachtungen klar hervor, dass die Fixsterne alle in solchen Entfernungen von uns stehen, dass selbst die Distanz der Sonne von der Erde, von 20 Millionen Meilen, aus jenen Entfernungen gesehen, nur als ein für unsere Sinne untheilbarer Punkt erscheint, und dass der nächste dieser Fixsterne wenigstens 200000 Erdweiten oder vier Billionen Meilen von uns abstehen muss. — Wie weit sich, jenseits dieser nächsten Sterne nach allen Seiten der Weltraum und jenes unabsehbare Heer von Sonnen erstreckt, wird uns wohl immer unbekannt bleiben. Alles, was uns von diesem unermesslichen Himmelsbau noch einigermassen zu kennen erlaubt ist, bezieht sich auf die kleine Colonie, die sich um unsere Sonne angebaut hat, die uns zunächst umgibt, und zu der die Erde, unser Wohnort, selbst gehört. Die Stelle, auf welcher sich diese Colonie niedergelassen hat, ist ein kleiner Kreis von mehr als einer Trillion Quadratmeilen, in dessen Mitte die Sonne wohnt und an dessen äusserster Grenze, 621 Millionen Meilen von der Sonne, sich der Planet Neptun angesiedelt hat. Ein kleiner Kreis, sage ich, denn schon der nächste Nachbar, der nächste der uns umgebenden Fixsterne, sieht den Halbmesser dieses Kreises nur unter dem kleinen Winkel von 30 Sekunden oder nicht einmal so gross, als uns der Halbmesser des Planeten Jupiter, wenn er uns am nächsten steht, erscheint. Zwischen der äussersten Grenze, die unserer kleinen Sonnenfamilie in dem Weltraume angewiesen ist, und zwischen den nächsten Sternen findet sich nach allen Seiten hin eine unabsehbare Wüste, eine rings um unser Planetensystem laufende, leere Zone, deren Breite nahe vier Billionen Meilen beträgt, die also zehntausendmal breiter als der Halbmesser des unserer Colonie angewiesenen Kreises ist. Wie es gekommen ist, dass die einzelnen Länder dieses Reiches durch solche Wüsten von einander getrennt sind, wird uns wohl immer ein Geheimniss bleiben. Auf unserer Erde wäre diess ohne Zweifel das einzige Mittel, die schönen Träume St. Pierre's von dem goldenen Zeitalter und dem ewigen Frieden, nach dem man sich schon so lange vergebens sehnt, endlich einmal zu verwirklichen.

§. 72. (Geschichte der Parallaxe.) Sobald Kopernicus sein neues Planetensystem, das ganz auf die Bewegung der Erde um die Sonne gegründet war, aufgestellt hatte, musste die Frage ob die Fixsterne eine jährliche Parallaxe haben von der grössten Wichtigkeit erscheinen, da die Existenz dieser Parallaxe zugleich als der beste und auffallendste Beweis für jene Bewegung der Erde angesehen wurde. In unseren Tagen, wo diese Bewegung bereits durch die in dem vorhergehenden Kapitel enthaltenen Gründe, und noch mehr durch die Betrachtungen, die den Gegenstand des nächstfolgenden Kapitels bilden, über alle Zweifel erhoben ist, hat diese Frage in jener Beziehung ihr Interesse verloren, obschon sie, in Rücksicht auf unsere Kenntniss der Ausdehnung des Weltraumes überhaupt, immer von der äussersten Bedeutung bleiben wird. Es wird daher nicht unangemessen sein, hier eine kurze Geschichte der Bemühungen der Astronomen zu diesem Zwecke mitzutheilen.

Schon Galilei war auf ein Mittel bedacht, die Parallaxe der Fixsterne durch Beobachtungen zu bestimmen. Er schlug dazu die Beobachtung des Verschwindens eines Sterns der ersten Grösse hinter einem einige Meilen entfernten Thurme zu verschiedenen Zeiten des Jahres vor. Allein der Vorschlag blieb unausgeführt, und er würde auch kein Resultat geliefert haben, da alle Beobachtungen in der Nähe des Horizonts, wie wir später sehen werden, grossen Unsicherheiten unterworfen sind.

Später beschäftigten sich Tycho Brahe und Riccioli fleissig mit diesen Untersuchungen. Aber ihre Quadranten, mit welchen sie die Parallaxe der Fixsterne bestimmen wollten, waren viel zu unvollkommen, um dadurch eine so kleine Grösse bestimmen zu können. Ihre Absicht war, die Lehre des Kopernicus durch die Nichtexistenz dieser Parallaxe als irrig darzustellen, und so wird es kaum als ein Beweis ihres Beobachtungstalentes, wie einige Astronomen gemeint haben, angesehen werden können, dass sie auch in der That keine Parallaxe gefunden haben.

Zu Ende des 17ten Jahrhunderts nahm der berühmte englische Geometer Wallis diesen Gegenstand wieder vor. Er befestigte das Objectiv eines Fernrohrs von sehr grosser Brennweite an der Spitze eines Thurmes und beobachtete dadurch und durch ein in die Wand seines Hauses eingemauertes Ocular die Differenz der Azimute grösserer Sterne zu verschiedenen Jahreszeiten. Er wollte durch dieses Verfahren vorzüglich die Störungen der Refraction, von der wir später sprechen werden, vermeiden. Allein auch er fand nichts Entscheidendes, obschon er seinen Gegenstand, wie er selbst sagt, über 40 Jahre verfolgte. Bald darauf wollte Rowley dieselben Beobachtungen an einem der Thürme der Paulskirche in London wiederholen, aber Newton soll die Ausführung gehindert haben, weil er besorgte, dass das ohnehin nicht zweckmässige Verfahren durch sein wahrscheinliches Misslingen die neue Lehre bei den weniger Unterrichteten in Misscredit bringen könnte.

Newton's Zeitgenosse und Gegner, Hooke, suchte denselben Zweck durch ein festgemauertes Fernrohr von 36 Fuss Focallänge zu erreichen, aber die damit angestellten Beobachtungen waren zu unvollkommen, um durch sie eine Beantwortung der Frage zu erwarten. Flamsteed beobachtete um das Jahr 1690 an seinem sechsfüssigen Mauerquadranten in Greenwich durch längere Zeit den Polarstern, und wollte daraus eine nicht unbeträchtliche Parallaxe dieses Sterns gefunden haben. Allein der berühmte Dominique Cassini zeigte, dass die von Flamsteed bemerkten Veränderungen des Sterns mit denjenigen nicht übereinstimmen, welche aus einer richtigen Theorie der Parallaxe folgen, und dass sie daher aus ganz anderen Ursachen abgeleitet werden müssen. Der Däne Römer, dem die praktische Astronomie so viel verdankt, zeigte zuerst, dass die beobachteten Rectascensionen der Sterne zu jenem Zwecke viel geschickter sind, als die von Flamsteed angewandten Zenithdistanzen. Er verfolgte selbst diesen Gegenstand durch achtzehn Jahre. Man muss es bedauern, dass er bei der Redaction dieser Beobachtungen durch den Tod überrascht wurde. Uebrigens fand er die Summe der Parallaxen der beiden Sterne Sirius und Wega zwischen 30 und 45 Sekunden, also viel zu gross gegen die Resultate, welche neuere Beobachtungen dieser Sterne gegeben haben. Auch der berühmte Astronom Bradley, Flamsteed's Nachfolger in Greenwich,

verfolgte diesen Gegenstand durch viele Jahre mit grossem Eifer, fand aber dabei statt der Parallaxe, die er suchte, zwei andere merkwürdige Bewegungen der Fixsterne, von denen wir später sprechen werden. Die Parallaxe selbst erklärte er, seinen Beobachtungen zu Folge, für unmerklich.

Zu Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts beschäftigten sich vorzüglich Piazzi und Calandrelli mit der Beantwortung dieser Frage. Piazzi in Palermo wählte wieder die Beobachtungen der Zenithdistanzen. Er fand die Parallaxe der Capella und mehrerer anderer Fixsterne der ersten Grösse sehr nahe gleich Null, die des Sirius aber wollte er vier Secunden gross gefunden haben. Die Beobachtungen anderer Astronomen stimmen damit nicht überein. Auch ist der letzte Stern zu Untersuchungen dieser Art wenigstens für Europa nicht geeignet, da er für alle Sternwarten dieses Welttheiles in einer zu geringen Höhe durch den Meridian geht. Endlich scheint es, als ob die Veränderungen, welche Piazzi zu verschiedenen Jahreszeiten in der Lage der Sterne gefunden hatte, ihren eigentlichen Grund in den Veränderungen des Gebäudes hatten, in welchem sein Instrument aufgestellt war, indem dieses, wie jedes Gebäude, durch die theilweise Bescheinung von der Sonne und durch die verschiedene Temperatur der Jahreszeiten periodische Veränderungen seiner Lage erfuhr, deren Folgen er, ohne die Ursache derselben zu kennen, auf den Himmel übertrug.

Calandrelli in Rom beobachtete um das Jahr 1805 zu dieser Absicht besonders den schönen Stern Wega in der Leier, der für jenen Parallelkreis nahe durch das Zenith des Beobachters geht. Er wählte dazu einen Sector von neun Fuss im Halbmesser, und seine mit vieler Umsicht angestellten und unter sich gut harmonirenden Beobachtungen gaben die Parallaxe dieses Sterns gleich 4.4 Sekunden, woraus die Entfernung desselben von uns gleich 46880 Erdweiten folgen würde.

Allein Bessel in Königsberg, der nach Calandrelli denselben Stern untersuchte, fand aus Bradley's Beobachtungen der Rectascensionen selbst die Summe der Parallaxen für Wega und Sirius gleich Null, für Atair im Adler und Prokyon im kleinen Hund erhielt er zur Summe der Parallaxen nur die sehr geringe Grösse von $^5/_8$ einer Sekunde. Er wählte dazu sehr zweckmässig solche Sternpaare, die nahe in demselben Parallelkreise liegen und in Rectascension nahe um 180 Grade verschieden sind; für solche Sterne liegen die Jahreszeiten, wo ihre Parallaxe der Rectascension am kleinsten und am grössten ist, nahe sechs Monate von einander, und diese grössten und kleinsten Werthe haben dann statt, wenn die Sonne in Rectascension dem Stern nahe um sechs Stunden vorangeht oder ihm eben so viel folgt.

Der jüngere Herschel schlug endlich zu diesem Zwecke die Beobachtung der Doppelsterne, d. h. solcher Sterne vor, die von der Erde gesehen, sehr nahe an einander zu stehen scheinen. Unter der Voraussetzung, dass diese Nähe in der That nur scheinbar ist und bloss von der Stellung unserer Erde gegen diese Sterne abhängt, während die letzten selbst vielleicht sehr weit hinter einander stehen, würde eine Ortsveränderung der Erde auch die scheinbare gegenseitige Distanz jener Sterne ändern müssen. Jeder dieser beiden Sterne würde nämlich, in Folge der jährlichen Bewegung der Erde, eine kleine Ellipse am Himmel zu beschreiben scheinen, die der Durchschnitt der Himmels-

fläche mit einem schiefen elliptischen Kegel ist, der seinen Scheitel in dem Sterne und seine Basis in dem Umkreise der Erdbahn hat. Diese Ellipse wird für den entfernteren der beiden Sterne viel kleiner, als für den anderen sein. Misst man daher mit einem sogenannten Positions-Mikrometer, zu verschiedenen Zeiten des Jahres, die Distanz der beiden Sterne sowohl, als auch die Lage, welche die sie verbindende gerade Linie mit der Ebene des Horizonts oder des Aequators bildet, und bemerkt man in diesen beiden Grössen periodische Aenderungen, so wird man leicht sehen, ob diese Aenderungen mit der Theorie der Parallaxe übereinstimmen.

Diese Methode ist ganz unabhängig von allen Fehlern, denen jede Beobachtung der Zenithdistanz oder der Rectascension unterworfen ist, und sie empfiehlt sich vorzüglich dadurch, dass die Refraction, dieses grosse Hinderniss aller genauen Beobachtungen, auf die Resultate keinen Einfluss hat. Aber sie setzt voraus, dass die Duplicität dieser Sterne nur scheinbar ist, oder dass beide Sterne in sehr verschiedener Entfernung von uns und nur auf gemeinschaftlicher Gesichtslinie stehen, so wie dass sie überdiess keinen anderen Bewegungen unterworfen seien. Beide Voraussetzungen scheinen nur sehr selten Statt zu finden. Wir werden später sehen, dass die meisten dieser doppelten und vielfachen Sterne nicht bloss scheinbar, sondern in der That sehr nahe bei einander stehen, dass sie gleichsam isolirte Sternsysteme am Himmel bilden, und dass bei weitem die meisten derselben nicht nur einer relativen Bewegung um einander, sondern auch einer gemeinschaftlichen, fortschreitenden Bewegung im Raume unterworfen sind.

Dessen ungeachtet hat man in der neuesten Zeit diese Methode an einigen Sternen mit Glück versucht, und ist zu Resultaten gelangt, die man mit Berücksichtigung der Kleinheit der Parallaxen und der grossen Schwierigkeiten, denen die Beobachtung derselben unterworfen ist, als vollkommen befriedigend ansehen kann. Der erste glückliche Versuch der Art wurde von Bessel in Königsberg zu Stande gebracht. Er wählte den Stern 61 des Schwanes, einen Doppelstern ungefähr sechster Grösse, der unter allen bei uns mit freiem Auge sichtbaren Fixsternen die grösste Eigenbewegung (s. *II.* Abth.) besitzt. Da nämlich die Eigenbewegungen der Fixsterne offenbar Folgen von Ortsveränderungen sind, welche entweder die Sterne selbst, oder unser Sonnensystem, oder, was wohl das wahrscheinlichste ist, beide zugleich erfahren, so ist klar, dass ein Stern, der eine bestimmte Bewegung im Raume besitzt, im Allgemeinen eine um so grössere scheinbare Bewegung an der Himmelsphäre zeigen muss, je kleiner seine Entfernung von uns ist. Man ist zwar nicht berechtigt, auch den Rückschluss zu machen, dass jeder Stern, der eine grössere eigene Bewegung am Himmel zeigt, auch um so näher sein müsse; allein da wir gar kein bestimmtes und untrügliches Kennzeichen besitzen, wonach wir die grössere oder geringere Entfernung der Fixsterne beurtheilen könnten, so ist es doch wohl am natürlichsten, die näheren Fixsterne unter denjenigen aufzusuchen, welche eine rasche Bewegung zeigen. Aus diesem [illegible] wählte Bessel den Stern 61 des Schwanes, bestimm[illegible] den scheinbaren Abstand desselben von zwei [illegible] kleineren Sternen neunter Grösse, und [illegible] ein Jahr lang fort, um die ganze [illegible]

Es wäre zwar hinreichend gewesen, wenn **Bessel** bloss die Entfernungen des Sternes 61 Cygni von *einem* der beiden kleineren Sterne gemessen hätte, aber mit weiser Vorsicht, die diesen grossen Beobachter bei jeder seiner Unternehmungen auszeichnete, zog er auch den zweiten kleineren Stern in das Bereich seiner Messungen, um zwei von einander unabhängige Resultate zu erhalten, deren Uebereinstimmung dann eine um so grössere Bürgschaft für die Sicherheit der erhaltenen Parallaxe gewährte. Nachdem er alle Beobachtungen von dem Einflusse der Aberration (Kap. VI.) befreit hatte, zeigten sich in den gemessenen Distanzen sehr deutlich kleine Veränderungen, welche demselben Gesetze folgten, nach welchem eine jährliche Parallaxe von 61 Cygni, wenn sie noch merklich war, diese Distanzen ändern musste. Es waren also deutliche Spuren einer solchen Parallaxe vorhanden. **Bessel** fand durch gehörige Berechnung der sämmtlichen Messungen die

jährliche Parallaxe von 61 Cygni = 0″.348

woraus sich die Entfernung desselben = 592000 Erdweiten ergibt.

Dieser ersten glücklichen Bestimmung, die später von **O. Struve** wiederholt ein etwas abweichendes Resultat (0″.493) ergab, folgten mehrere andere, von denen wir einige hier anführen:

Stern.	Parallaxe.	Berechner.
α Centaur . . .	0″.92	Henderson und Maclear.
21258 Lalande .	0.26	Krüger.
17415 Oeltzen .	0.25	Krüger.
Sirius	0.23	Henderson.
α Leier	0.15	O. Struve und Peters.
1830 Groombridge	0.14	Peters.
α Bootes . . .	0.13	Peters.
α Kleiner Bär .	0.18	Peters u. s. w.

Nichts desto weniger bleibt aber doch Alles wahr, was wir oben über unsere Unkenntniss bezüglich der Entfernungen der Fixsterne gesagt haben. Denn die wenigen bisher gelungenen Bestimmunngen können, verglichen mit der unendlich grossen Zahl der Fixsterne, eben nur als ein unbedeutender Anfang angesehen werden. Der Stern Nro. 1830 des Groombridge'schen Kataloges, auch **Argelander's** Stern genannt, weil Argelander zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass dieser Stern die grösste bisher von Fixsternen bekannte Eigenbewegung besitze (II. Abth.), hat übrigens z. B. einen Beweis für die Bedenklichkeit des Schlusses aus starker Eigenbewegung auf die Nähe eines Fixsternes geliefert, wie man aus den hier gegebenen Zahlen sieht.

Kapitel VI.

[illegible]rration der Fixsterne.

[illegible]ende Er[illegible] [illegible]tels d[illegible] [illegible]findu[illegible]

[illegible] *Wir haben bereits zu Ende* [illegible] *Beobachtungen* erwähnt, *die* [illegible]*llaxe der Fixsterne angestellt*

hatte. Er begann sie zu Ende des Jahrs 1725 in Verbindung mit Samuel Molyneux, mit welchem er zu Kew vorzüglich den Stern γ im Kopfe des Drachen, der nahe durch das Zenith dieser Stadt geht, während mehrerer Jahre mit grosser Aufmerksamkeit verfolgte. Sein treffliches Instrument, ein Zenithsector von Graham, setzte ihn bald in den Stand, Aenderungen in der Lage dieses Sterns zu bemerken, die zwar nur sehr klein, aber auch zugleich sehr regelmässig waren, und deren Ursache zu erforschen ihm daher sehr angelegen sein musste.

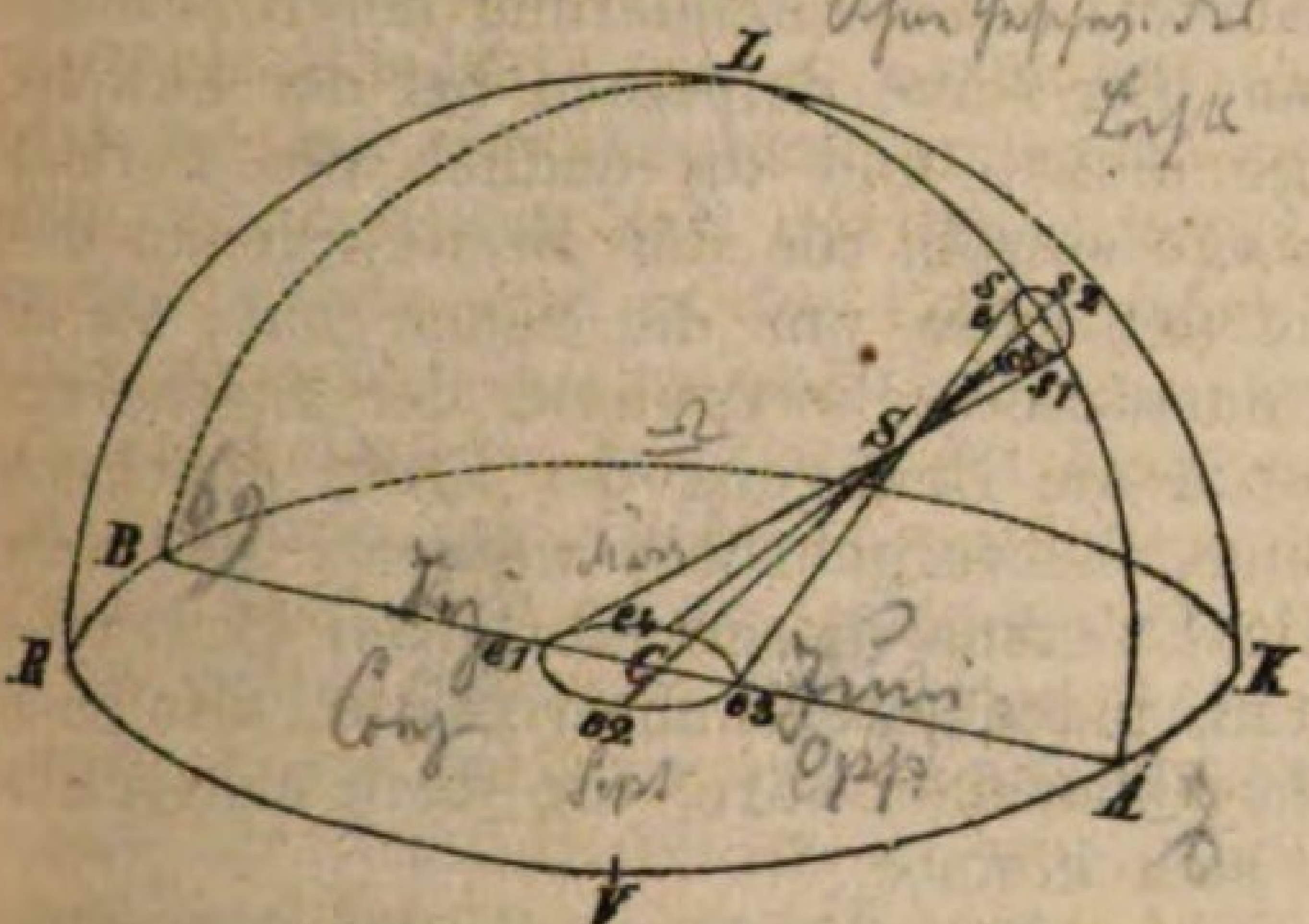
Er fand zuerst, dass die Veränderungen der Länge und der Breite dieses Sterns eine Periode haben, deren Länge gleich der Länge des Jahres ist. Da diess zugleich die Periode ist, in welcher die jährliche Parallaxe des Fixsterns, wenn sie überhaupt existirt, eingeschlossen sein muss, so mochte er, auf den ersten Anblick dieses Gegenstandes, wohl geglaubt haben, die so lang gesuchte Parallaxe endlich einmal gefunden zu haben. Allein eine nähere Betrachtung dieser jährlichen Veränderung des Sterns musste ihn bald von dieser Vermuthung zurückbringen. Er fand, dass die Länge dieses Sterns immer in der Mitte des Junius am grössten, und in der Mitte des December am kleinsten war, und dass sie in der Mitte des März und Septembers ihren mittlern Werth hatte. Die Breite im Gegentheile hatte im März ihren kleinsten, im September ihren grössten, und im Junius und December ihre mittleren Werthe.

Die Astronomen pflegen von den Sternen, die zu irgend einer Zeit mit der Sonne oder einem anderen, beweglichen Gestirne gleiche Länge haben, zu sagen, sie seien mit der Sonne oder mit diesem beweglichen Himmelskörper in Conjunction. Sind die Längen um 180° verschieden, so sagt man, die Sterne sind in Opposition; beträgt endlich die Differenz der Längen einen rechten Winkel, so sagt man, die Sterne sind in Quadratur mit der Sonne oder dem betreffenden beweglichen Körper. Conjunction und Opposition pflegt man auch mit einem Worte die Syzygien zu nennen. Da nun die Sonne um die Mitte des März, des Juni, des September und December nach der Reihe die Längen 0°, 90°, 180°, 270° erreicht, und der Stern γ Draconis sehr nahe im 270sten Grade der Länge steht, so sieht man, dass dieser Stern um die Mitte des December in Conjunction, um die Mitte des Juni in Opposition, dagegen Mitte März und September in Quadratur mit der Sonne sich befindet.

Diess vorausgesetzt, können wir nun jene Veränderungen des Sterns kürzer so ausdrücken: »Die Länge desselben hat in seiner Con»junction mit der Sonne den kleinsten, in der Opposition den grössten, »und in den beiden Quadraturen ihren mittlern Werth; die Breite aber »hat in den Quadraturen ihren grössten und kleinsten und in den bei»den Syzygien ihren mittlern Werth.« Und ganz demselben Gesetze folgten auch die jährlichen Bewegungen aller andern Sterne, die Bradley nebst γ Draconis an seinem Sector beobachtete. Dabei musste es ihm auffallen, dass der Unterschied der grössten und kleinsten Länge, in dem Orte des Sterns selbst betrachtet, bei allen Sternen von gleicher Grösse war, und 40.5 Sekunden betrug, während die Veränderungen der Breite immer kleiner wurden, je näher der Stern an der Ekliptik stand, bis endlich für Sterne in der Ekliptik die Breite derselben ganz unveränderlich, oder immer gleich Null blieb. Bradley nannte diese Veränderungen der Sterne die Aberration derselben.

Dass aber diese Bewegungen sich aus einer Parallaxe der Erdbahn nicht erklären lassen, wurde ihm bald klar. Die Wirkungen einer solchen Parallaxe lassen sich nämlich, nach dem vorhergehenden Kapitel, auf folgende Weise bildlich darstellen. Man denke sich (Fig. 17) durch einen Stern *S* und durch die Erde in allen Punkten ihrer Bahn e_1 e_2 e_3 e_4 gerade Linien gezogen, so werden diese geraden Linien die Oberfläche eines Kegels bilden, dessen Basis die Erdbahn und dessen Spitze der Stern ist. Verlängert man dann diese geraden Linien über den Stern hinaus, bis an die Fläche des Himmels *EKL*, so werden sie diese Fläche in einer krummen, ellipsenförmigen Linie s_1 s_2 s_3 s_4 schneiden, welche die parallaktischen Orte des Sterns, d. h. alle diejenigen Orte enthalten wird, in welcher während dem Laufe des ganzen Jahrs der Stern, von der Erde gesehen, erscheint, während er, von der Sonne gesehen, immer in dem Mittelpunkte jener Ellipse oder in demjenigen Punkte des Himmels erscheinen muss, wo die, von der Sonne nach der Spitze jenes Kegels gezogene gerade Linie verlängert den Himmel trifft. Aus dieser einfachen Construction folgt sofort, dass wir den Stern, in Beziehung auf seinen mittlern Ort, d. h. in Beziehung auf den Mittelpunkt seiner Ellipse, immer auf der **entgegengesetzten** Seite des Himmels von derjenigen sehen werden, welche unsere Erde selbst in ihrer Bahn einnimmt. Wenn sich die Erde in e_1 befindet, so erscheint der Stern in s_1 und hier hat er offenbar seine **kleinste Breite**; denn *EKA* stellt die bis an die Himmelssphäre erweiterte Ekliptik, *L* den Pol der Ekliptik, also der Kreis *ALB* den Breitenkreis des Sternes vor, und es ist augenscheinlich s_1 derjenige Punkt der ganzen Ellipse s_1 s_2 s_3 s_4, welcher der Ekliptik am nächsten liegt oder die kleinste Breite hat. Es ist aber in dem Augenblicke, wo die Erde in e_1 steht, der Stern in Conjunction mit der Sonne; denn die Sonne erscheint von der Erde aus gesehen im Punkte *A*, ihre Länge ist also, wenn *V* den Frühlingspunkt vorstellt, gleich *VA*, und derselbe Bogen gibt auch die Länge des Sterns. Ebenso sieht man ein, dass in dem Augenblicke, wo die Erde in e_3 sich befindet, der Stern in **Opposition** mit der Sonne ist und seine **grösste Breite** hat. Die Länge des Sterns hat für diese beiden Stellungen der Erde ihren mittleren Werth. In den Zwischenlagen der Erde in e_2 und e_4, wo der Stern mit der Sonne in **Quadratur** steht, findet gerade das Gegentheil Statt; hier hat die Breite ihren mittleren Werth, während die **Länge** in e_2 den grössten, in e_4 den kleinsten Werth erreicht. Kurz: »Die Länge »jedes Sterns hat wegen seiner parallaktischen Bewegung in den Syzy»gien ihren mittlern, und in den Quadraturen ihren grössten und klein»sten Werth, während die Breite in den Quadraturen ihren mittlern, in »der Conjunction den kleinsten, und in der Opposition den grössten »Werth hat,« welches Gesetz demnach in allen seinen Theilen das

Fig. 17.



Gegentheil von dem oben aufgestellten Gesetze der Aberration ist, dem die von Bradley entdeckten Veränderungen unterworfen sind. Zwar lassen sich auch diese letzten Veränderungen durch eine Ellipse darstellen, welche der Stern um seinen mittlern Ort, oder um den Mittelpunkt dieser Ellipse, jährlich zurücklegt, aber diese beiden Ellipsen sind ebenso wesentlich von einander verschieden, wie die Bewegungen selbst, welche die Sterne in diesen beiden Bahnen befolgen.

§. 74. (Messung der Geschwindigkeit des Lichts.) Da die beobachteten Aenderungen der Aberration allen Sternen, ohne Ausnahme, zukommen, da jene Abweichung der scheinbaren Gesichtslinie derselben sich offenbar nach dem Laufe der Erde richtet, da die Aenderung der Breite der Sterne, wie wir gesehen haben, mit der Nähe derselben bei der Ekliptik im unmittelbaren Zusammenhange steht, und da endlich die Periode aller dieser Aenderungen, der Länge sowohl als der Breite, genau dieselbe Dauer, wie die Umlaufzeit der Erde um die Sonne hat, so ist wohl nicht weiter zu zweifeln, dass diese Bewegungen der Sterne nur scheinbar sind, dass sie bloss durch die Bewegung der Erde, gleichsam wie durch eine optische Täuschung, hervorgebracht werden, und dass sie daher als ein Beweis für die Existenz dieser jährlichen Bewegung der Erde angesehen werden könnten, indem, wenn unsere Erde, also auch unser Auge, still stünde, gar nicht abzusehen wäre, wie dann eine solche Verrückung aller Sterne möglich sein könnte.

Um aber die wahre Ursache der Aberration aus der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne abzuleiten, müssen wir zuerst eine andere Betrachtung vorausschicken.

Unter den Planeten, die, gleich unserer Erde, um die Sonne laufen, ist der schon oben erwähnte Jupiter, wegen seiner Grösse, wegen seiner mässigen Entfernung von der Erde und vorzüglich wegen der vier Monde, die ihn umgeben, sehr wichtig; die Entdeckung dieser Monde durch Galilei, gleich nach der Erfindung des Fernrohrs, bildet eine der interessantesten Epochen in der Geschichte der Astronomie. Indem diese vier Satelliten um Jupiter ihren Umlauf machen, treten sie fast in jeder Nacht in den Schatten, welchen der grosse Körper dieses Planeten hinter sich wirft, wo dann die Bewohner Jupiters das für sie so oft wiederkehrende Schauspiel einer Mondsfinsterniss haben, an welchem auch wir, durch Hülfe unserer Fernröhre, Theil nehmen können.

Diese Finsternisse gaben uns, wie ebenfalls schon Galilei bemerkte, die erste Auflösung des für die Nautik und für die gesammte mathematische Geographie so wichtigen Problems, die Länge des Beobachtungsortes auf der Erde zu finden. Die Beobachtungen der Bewegungen dieser vier Monde um ihren Hauptplaneten können aber mit Recht als eine schöne Bestätigung des von Kopernicus aufgestellten Weltsystems angesehen werden. Denn jener Planet mit seinen Satelliten bildet gleichsam ein isolirtes System am Himmel, in welchem wir in einem getreuen Abbilde diejenigen Veränderungen, die sich unter den übrigen Planeten erst in dem Zeitraume von vielen Jahrhunderten entwickeln, rasch auf einander folgen sehen; in welchem wir das bereits erwähnte Gesetz Kepler's, wodurch die Distanzen der Planeten nach ihren Umlaufszeiten geregelt werden, und selbst die gegenseitigen Perturbationen oder die Wirkungen dieser Körper unter einander wie in

einem Spiegel abgebildet erblicken, und in welchem endlich die Natur, um das Mass des Interesses, das sie in diese kleine Welt von Monden legte, voll zu machen, uns ein Mittel dargeboten hat, die Geschwindigkeit ihres schnellsten Körpers, des Lichts, zu messen.

Um die erwähnten Verfinsterungen dieser Monde zu geographischen Längenbestimmungen zu benützen, bestimmte man, aus lange fortgesetzten Beobachtungen, den Umlauf der Satelliten um Jupiter, und suchte daraus die Zeiten ihrer Finsternisse zu berechnen. Der dänische Astronom Olaus Römer war der erste, der um das Jahr 1675, also 50 Jahre vor Bradley's Entdeckung der Aberration, die Bemerkung machte, dass diese Rechnungen zwar zu der Zeit, wo Jupiter mit der Sonne in Quadratur steht, sehr gut, aber dafür desto weniger in den Syzygien mit den Beobachtungen übereinstimmten; dass diese Finsternisse nämlich zur Zeit der Opposition um nahe 8 Minuten und 13 Sekunden früher, und in der Conjunction eben so viel später, als die Berechnung gab, beobachtet wurden. Ist z. B. Jupiter in ♋ (Fig. 10), und die Sonne in S, so ist die Erde zur Zeit der Opposition in b und zur Zeit der Conjunction in d, also in der letzten Zeit um die ganze Strecke bSd, das heisst, um den Durchmesser der Erdbahn weiter als in der ersten Zeit von Jupiter entfernt. Diese einfache Bemerkung der verschiedenen Entfernungen Jupiters von der Erde zur Zeit der Syzygien reichte für den Scharfsinn Römer's hin, sogleich die wahre Erklärung jener Beschleunigung und Verzögerung der Finsternisse zu finden, eine Erklärung, die so natürlich ist, dass man nicht weiter an ihrer Wahrheit zweifeln kann.

In der Conjunction sind wir von Jupiter um den ganzen Durchmesser der Erdbahn weiter entfernt, als in der Opposition. Warum sehen wir also dort alle Finsternisse um 16 Min. 26 Sek. später, als hier? — Offenbar, weil das Licht, weil der Bote, der uns diese Nachricht bringt, dort einen viel grösseren Weg als hier zu durchlaufen hat, um bis zur Erde zu gelangen.

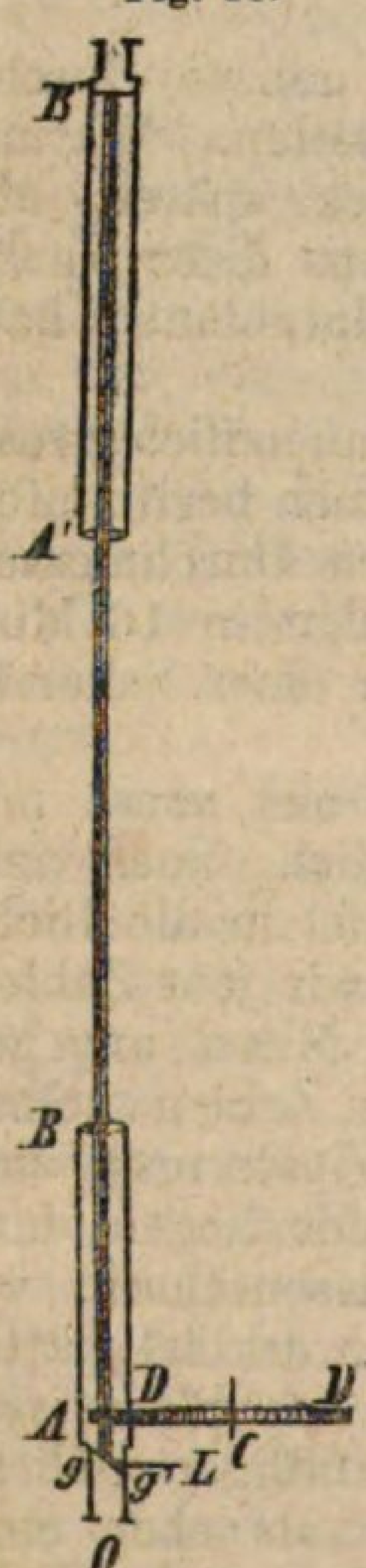
Das Licht, dessen Geschwindigkeit man früher für unendlich gross gehalten hat, braucht also auch eine gewisse Zeit, um einen bestimmten Raum zu durchlaufen. Und welche Zeit? — Es legt den Durchmesser der Erdbahn, d. h. es legt den Weg von 41364000 Meilen in 16 Min. und 26 Sek. zurück. Die Geschwindigkeit des Lichts in einer Sekunde beträgt daher nahe 41900 Meilen.

Diese Geschwindigkeit des Lichtes übertrifft alle uns sonst mit Sicherheit bekannten Geschwindigkeiten so ausserordentlich, dass vielleicht mancher Leser auf den ersten Blick einigen Zweifel in die Richtigkeit dieses Resultates setzen dürfte, um so mehr, als wir jene Zahlen aus astronomischen Beobachtungen abgeleitet und kein Mittel angegeben haben, wie sich jeder von der Genauigkeit jener Zahlen selbst überzeugen kann. Es könnte ja der Verspätung der Finsternisse der Jupitersatelliten wohl auch eine andere Ursache zu Grunde liegen, und es wäre dieses nicht das erste Beispiel in unserer Wissenschaft, wo man eine Erscheinung am Himmel durch eine Hypothese erklärt hätte, die sich allen Umständen jener Erscheinung vollkommen anschloss, von der sich aber später zeigte, dass sie ungeachtet der zufälligen Uebereinstimmung mit dem Himmel doch nichts weiter war, als eben eine Hypothese, und die desswegen auch der wahren Erklärung das Feld

räumen musste, sobald diese durch unwiderlegliche Beweise sich als solche zu erkennen gab.

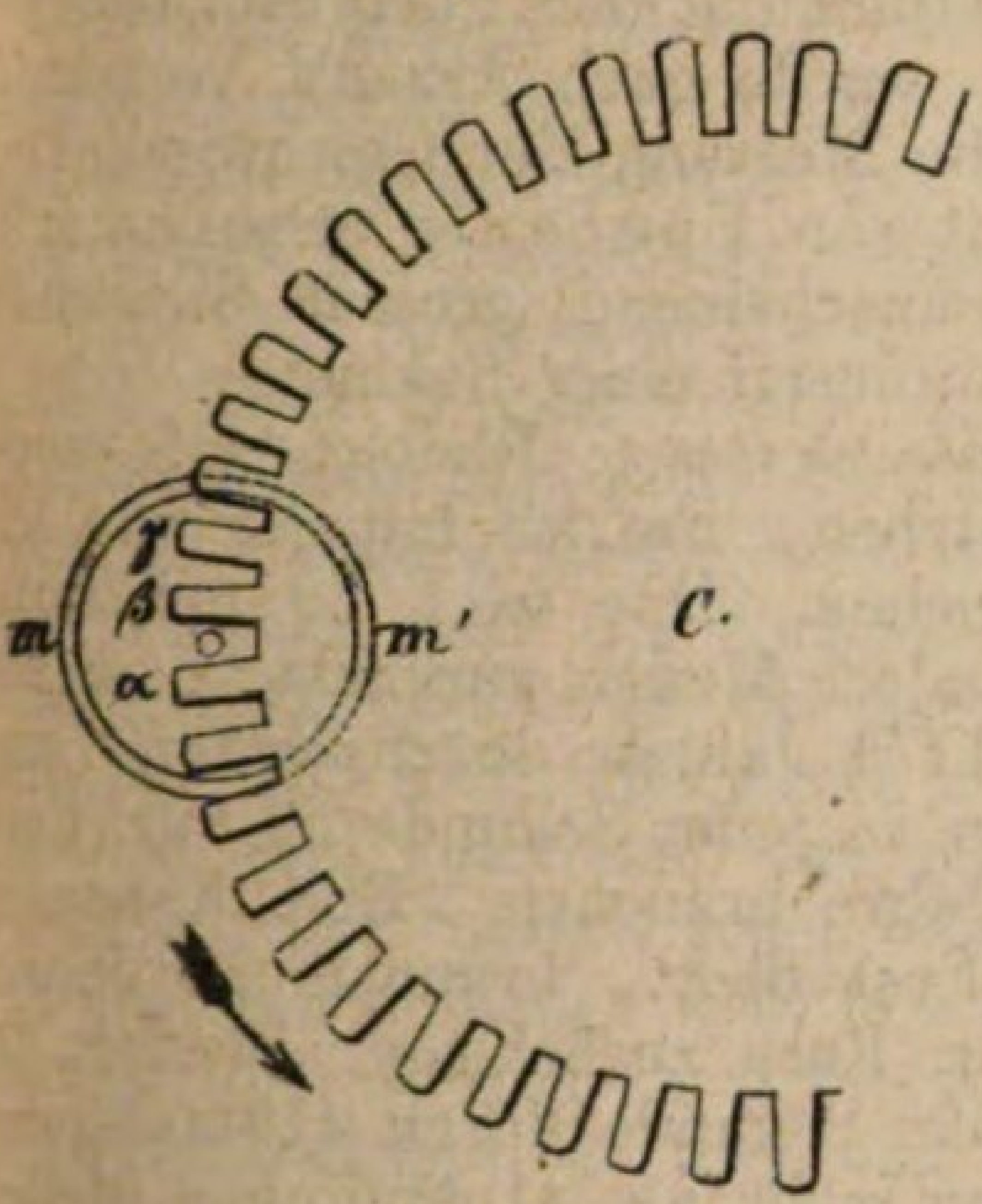
Man hat schon vor mehreren Jahrhunderten, noch ehe man durch Römer auf die Verspätung der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten aufmerksam wurde, Versuche über die Geschwindigkeit des Lichtes angestellt, aber sie führten nie zu einem entscheidenden Resultate. So viel war indess immerhin aus ihnen zu entnehmen, dass diese Geschwindigkeit eine sehr grosse sein, und alle Geschwindigkeiten, die wir kannten, selbst die einer Kanonenkugel oder des Schalles nicht ausgenommen, viele Male übertreffen müsse. Diess verleitete die Physiker sogar anzunehmen, dass die Geschwindigkeit des Lichtes unendlich gross sei, oder dass es immer nur eine unmessbare kurze Zeit, einen blossen Augenblick brauche, um einen, wenn auch noch so weiten Weg zurückzulegen. Da es bei einem solchen Versuche immer darauf ankommt, einen bestimmten Weg anzunehmen, z. B. eine Länge von einer Meile oder dergleichen, und dann die Zeit zu messen, welche das Licht anwendet, um diesen zu durchlaufen, diese zu ermittelnde Zeit aber jedenfalls eine ausserordentlich kleine sein wird, so ist es wohl unumgänglich nöthig, eine Vorrichtung zu Hülfe zu ziehen, die uns das Messen der Zeit mittelst unserer Sinne erspart, oder vielmehr diese Messung selbst übernimmt; denn vermöge der Unvollkommenheit unserer Sinne sind wir zur unmittelbaren Wahrnehmung eines so kurzen Zeitabschnittes ganz unfähig. Eine solche sehr sinnreiche Vorrichtung hat Fizeau in Paris im Jahr 1849 angegeben, und auch mittelst derselben eine Geschwindigkeit des Lichtes erhalten, die sehr nahe mit der aus astronomischen Beobachtungen abgeleiteten übereinstimmt. Fizeau stellte in einer bedeutenden Entfernung von einander (etwas mehr als eine Meile) zwei Fernröhre *AB* und *A'B'* (Fig. 18) so auf, dass eines durch das andere deutlich gesehen werden konnte. Zwischen dem Brennpunkte und dem Okulare *O* des Fernrohrs *AB* war eine unter 45° gegen die optische Axe des Rohres geneigte vollkommen durchsichtige Glasplatte *gg'* angebracht, wodurch man in den Stand gesetzt war, das von einer starken Lampe bei *L* durch eine kleine Oeffnung in der Okularröhre bei *g'* in das Fernrohr kommende Licht gegen das Objektiv *B*, und dann weiter gegen das Fernrohr *A'B'* hin zu reflektiren. In dem Brennpunkte des Letzteren bei *B'* war ein Spiegel angebracht, dessen Ebene genau senkrecht auf die optische Axe des Fernrohrs stand, und mittelst dessen das von der Platte *gg'* kommende Licht zurückgeworfen in derselben Richtung wieder nach *gg'* und von da in das Auge des Beobachters bei *O* gelangte. In der Nähe des Fernrohres *AB*, aber etwas seitwärts, wurde eine Scheibe *DD'* aufgestellt, die an ihrer Peripherie mit Zähnen versehen, um eine mit der optischen Axe des Fernrohres parallele Axe *C* drehbar war, und mit Hülfe eines Räderwerkes in eine schnelle Rotation versetzt werden konnte. Man sieht diese Anordnung deutlicher aus Fig. 19, welche einen auf die optische

Fig. 18.



Axe des Fernrohres AB senkrechten Querschnitt der Scheibe vorstellt, und wo sich diese in ihrer wahren Gestalt zeigt. Der Kreis mm' ist der Durchschnitt des Fernrohres, der kleinere mit mm' concentrische Kreis stellt den Querschnitt des von der Platte gg' kommenden Lichtkegels vor, und die drehbare Scheibe steht so, dass ihre Zähne bei der Rotation diesen Lichtkegel durchschneiden müssen. Denken wir uns die Scheibe im Sinne des Pfeiles in Rotation versetzt, so wird das von gg' reflektirte Licht nur mit Unterbrechungen gegen das zweite Fernrohr $A'B'$ gelangen. Betrachten wir eine solche Lichtsäule, die eben zwischen den Zähnen α und β durch die Scheibe gegangen ist. Wenn in der Zeit, wo sie den Weg bis zum zweiten Fernrohr und zurück vollendet, die Scheibe in ihrer Rotation gerade so weit vorgeschritten ist, dass nun der Zahn β auf den Durchschnitt des Lichtkegels fällt, so wird die Lichtsäule nach ihrer Rückkehr vom zweiten Fernrohre eben durch den vorstehenden Zahn β verhindert, in das Auge des Beobachters zu gelangen. Rotirt aber die Scheibe doppelt so schnell, so wird bis zur Rückkehr der Lichtsäule das Intervall zwischen den Zähnen β und γ an die Stelle des Intervalles $\alpha\beta$ in der Figur getreten sein, und somit das Licht ungehindert in das Auge des Beobachters kommen können. Bei einer dreimal so schnellen Rotation wird das Licht durch den Zahn γ aufgehalten u. s. w.

Fig. 19.



Man sieht also, dass man je nach der verschiedenen Geschwindigkeit der Rotation der Scheibe bald Licht in's Auge bei O bekommen wird, bald nicht. Bestimmt man genau die Geschwindigkeit der Scheibe für diejenigen Fälle, wo ein Maximum oder Minimum an Licht Statt findet, so wird man daraus und aus der bekannten Distanz der Fernröhre auf die Geschwindigkeit des Lichtes schliessen können. Dieser Versuch gelingt sehr gut, selbst wenn man die Fernröhre in bedeutender Entfernung von einander aufstellt. Man sieht im Fernrohre bei O einen hellen Punkt, der bei wachsender Geschwindigkeit der rotirenden Scheibe von seinem höchsten Glanze durch alle Zwischenstufen bis zum völligen Verschwinden abnimmt, dann aber wieder zunimmt u. s. w. Bei den Verhältnissen, unter welchen das Experiment von Fizeau angestellt wurde, trat das erste Verschwinden ein bei 12.6 Umdrehungen der Scheibe in einer Sekunde, bei einer doppelten Geschwindigkeit glänzte der Punkt von Neuem am hellsten, bei einer dreifachen verschwand er wieder, u. s. w. Das erste Fernrohr war dabei auf der Terrasse eines Hauses in Suresnes, das zweite auf der Höhe des Montmartre aufgestellt in einer Distanz von ungefähr 8633 Mètres. Die Scheibe hatte 720 Zähne, und war mit einem Räderwerke verbunden, das durch Gewichte in Bewegung gesetzt wurde, und zugleich so eingerichtet, dass man die Geschwindigkeit der Scheibe jeden Augenblick

ablesen konnte. Das Resultat, welches Fizeau mittelst dieses Apparates aus 28 Beobachtungen ableitete, gibt für die Geschwindigkeit des Lichtes in einer Sekunde 70948 Lieues, oder da 25 Lieues auf einen Grad des Aequators gehen, 42569 geographische Meilen, nahe genug mit den astronomischen Beobachtungen übereinstimmt.

Ein anderer Apparat, der auf der schnellen Drehung eines Spiegels beruht, die Wheatstone zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität anwandte, wurde nach Arago's Vorschlag zuerst von Fizeau und Breguet für die Messung der Geschwindigkeit des Lichtes construirt und neuester Zeit von Foucault vervollkommt. Letzterer fand auf diesem Wege mit anscheinend grosser Sicherheit 40700 g. M. für den Weg des Lichtes während einer Sekunde.

§. 75. (Nähere Betrachtung der Geschwindigkeit des Lichts.) Bleiben wir einen Augenblick bei dieser Geschwindigkeit stehen, um sie mit der von andern uns bekannten Körpern zu vergleichen. Das in §. 68 erwähnte, schnell segelnde Schiff, das täglich hundert Meilen zurücklegt, würde den Durchmesser der Erdbahn erst in 1178 Jahren durchschiffen, und der eben daselbst angeführte Renner, der in jeder Sekunde 50 Par. Fuss durchläuft, würde zu jenem Wege 594 Jahre brauchen. Eine Kanonenkugel, die in jeder Sekunde 600 Par. Fuss fliegt, brauchte 50 Jahre; der Schall, der jede Sekunde 1038 Par. Fuss zurücklegt, braucht 29 Jahre, und das Licht endlich, das in jeder Sekunde durch 41900 Meilen fliegt, braucht zu demselben Zweck von mehr als 41 Millionen Meilen noch nicht einmal $16\frac{1}{2}$ Minuten, oder nur etwas weniges mehr als eine Viertelstunde. — Die sogenannte Reise um die Welt oder den Umkreis der Erde von 5400 Meilen würde ein Wanderer, wenn er auch täglich 10 Meilen machte, erst in 540 Tagen oder nahe in $1\frac{1}{2}$ Jahren zurücklegen; jenes Schiff braucht dazu 55 Tage, jene Kanonenkugel $2\frac{1}{2}$ Tage, der Schall nur $1\frac{4}{10}$ Tage, und das Licht bloss den achten Theil einer Sekunde. Also in einer einzigen Sekunde, in der Zeit, die wir brauchen, mit unsern Augenlidern zu winken, in der Zeit eines einzigen Flügelschlags des mächtigsten Adlers, schwingt sich das Licht durch eine Entfernung, die den Umfang der ganzen Erde achtmal übertrifft. Und doch würde dasselbe Licht, mit dieser uns unbegreiflichen Geschwindigkeit, um nur von dem nächsten Fixsterne in gerader Linie oder auf dem kürzesten Wege bis zu uns zu gelangen, wie wir §. 70 gesehen haben, über drei volle Jahre brauchen!

Und diese erstaunenswürdigen Resultate sind eine Folge von einfachen Rechnungen, die so leicht sind, dass sie ohne Zweifel jeder Leser mit uns gemacht hat. Wer von uns aber würde, wenn er sie nicht machen könnte, von dem Interesse, welches dieser Gegenstand einflösst, angezogen, diese einfachen Rechnungen, und durch sie den einzigen Weg nicht kennen lernen wollen, auf welchem man zur Kenntniss solch' interessanter Resultate und zur Ueberzeugung gelangen kann, dass sie der Wahrheit vollkommen gemäss, und über allen Zweifel erhaben sind! — Möchte diess doch den Lesern dieser Blätter eine Veranlassung sein, auch die minder einfachen Theile der mathematischen Analysis etwas näher kennen zu lernen. Wir werden später noch oft andere, nicht minder überraschende, nicht minder wunderbare Resultate unserer Wissenschaft mitzutheilen Gelegenheit haben, aber nur selten wird es uns vergönnt sein, von ihnen, so wie hier, auch ihre Beweise mitzutheilen,

weil diese Beweise meistens schon höhere mathematische Kenntnisse erfordern, die wir, dem Zwecke dieser Schrift gemäss, bei den Lesern nicht voraussetzen. Alsdann werden wir, des besten Willens ungeachtet, gezwungen sein, die schönsten Blüthen und Früchte der Wissenschaft, ohne ihre Gründe, nur historisch mitzutheilen, und die Leser, sie auf Treu und Glauben anzunehmen.

Doch kehren wir von diesen Betrachtungen wieder zu unserem Gegenstande, zu der Geschwindigkeit des Lichts zurück, und sehen wir, auf welche Weise dieselbe mit den oben erläuterten Erscheinungen der Aberration in Verbindung stehen mag.

§. 76. (Zerlegung der Kräfte.) Wenn ein Körper mit einer bestimmten Kraft, die z. B. dem Druck von 30 Pfunden gleich ist, nach einer bestimmten Richtung, z. B. von Süd nach Nord, getrieben wird, und wenn noch eine andere Kraft, etwa von 10 Pfunden, hinzukommt, deren Richtung dieselbe mit der vorhergehenden ist, so ist es offenbar für das Endergebniss gleichviel, ob diese beiden Kräfte von 30 und von 10 Pfunden, jede für sich, oder beide zugleich auf den Körper wirken, oder ob derselbe nur von einer einzigen Kraft von 40 Pferden getrieben wird, die gleich der Summe jener beiden Kräfte und deren Richtung dieselbe mit der jener beiden Kräfte ist. Wenn aber die erste Kraft von 30 Pfunden den Körper nach Nord, und die andere von 10 Pfunden ihn in der entgegengesetzten Richtung nach Süd treibt, so wird diesen beiden Kräften eine andere gleichgeltend sein, die den Körper mit der Gewalt von 20 Pfunden nach Nord treibt, deren Grösse also die Differenz und deren Richtung mit jener der grössern der beiden ersten Kräfte dieselbe ist. — Diess ist für sich klar, und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Nach dem Begriffe, den man in der Mechanik mit dem Worte Kraft verbindet, wird die doppelte Kraft eine doppelte, die dreifache Kraft eine dreifache Bewegung oder Geschwindigkeit des Körpers hervorbringen, diese vielfache Kraft mag auf einmal, oder auch theilweise, oder nach und nach an dem Körper angebracht werden; und wenn dieser Körper schon vor der Wirkung dieser Kräfte nach einer gewissen Richtung in Bewegung war, so wird die durch die hinzukommende Kraft entstandene Bewegung zu jener ersten addirt, wenn sie dieselbe Richtung, oder von ihr subtrahirt, wenn sie eine entgegengesetzte Richtung hat.

Wenn aber die Richtungen der beiden auf einen Körper wirkenden Kräfte weder dieselben, noch auch einander entgegengesetzt sind? Wenn z. B. die erste Kraft von 80 Pf., nach der Richtung *PA* (Fig. 20) wirkend, allein den Körper in einer Sekunde durch den Weg *Pa*, und die zweite Kraft von 10 Pf. nach der Richtung *PB* ebenfalls allein wirkend, den Körper in derselben Zeit durch den Weg *Pb* treiben würde, wo wird, am Ende dieser Sekunde, der Körper *P* sein? — Zieht man, um diese Frage zu beantworten, durch den ersten Punkt *a* eine mit dem zweiten Weg *BP*, und eben so durch den zweiten Punkt *b* eine mit dem ersten Weg *PA* parallele Linie, und ist *c* der Durchschnittspunkt dieser beiden Parallelen, so wird der Körper am Ende der ersten Sekunde in diesem Durchschnittspunkte *c* sein. Man nennt aber jedes Viereck, dessen je zwei gegenüberstehende Seiten parallel sind, ein Parallelogramm, und in demselben die gerade Linie *Pc*, welche zwei gegenüberstehende Winkelspitzen verbindet, die Diagonale des Parallelogramms.

fläche mit einem schiefen elliptischen Kegel ist, der seinen Scheitel in dem Sterne und seine Basis in dem Umkreise der Erdbahn hat. Diese Ellipse wird für den entfernteren der beiden Sterne viel kleiner, als für den anderen sein. Misst man daher mit einem sogenannten Positions-Mikrometer, zu verschiedenen Zeiten des Jahres, die Distanz der beiden Sterne sowohl, als auch die Lage, welche die sie verbindende gerade Linie mit der Ebene des Horizonts oder des Aequators bildet, und bemerkt man in diesen beiden Grössen periodische Aenderungen, so wird man leicht sehen, ob diese Aenderungen mit der Theorie der Parallaxe übereinstimmen.

Diese Methode ist ganz unabhängig von allen Fehlern, denen jede Beobachtung der Zenithdistanz oder der Rectascension unterworfen ist, und sie empfiehlt sich vorzüglich dadurch, dass die Refraction, dieses grosse Hinderniss aller genauen Beobachtungen, auf die Resultate keinen Einfluss hat. Aber sie setzt voraus, dass die Duplicität dieser Sterne nur scheinbar ist, oder dass beide Sterne in sehr verschiedener Entfernung von uns und nur auf gemeinschaftlicher Gesichtslinie stehen, so wie dass sie überdiess keinen anderen Bewegungen unterworfen seien. Beide Voraussetzungen scheinen nur sehr selten Statt zu finden. Wir werden später sehen, dass die meisten dieser doppelten und vielfachen Sterne nicht bloss scheinbar, sondern in der That sehr nahe bei einander stehen, dass sie gleichsam isolirte Sternsysteme am Himmel bilden, und dass bei weitem die meisten derselben nicht nur einer relativen Bewegung um einander, sondern auch einer gemeinschaftlichen, fortschreitenden Bewegung im Raume unterworfen sind.

Dessen ungeachtet hat man in der neuesten Zeit diese Methode an einigen Sternen mit Glück versucht, und ist zu Resultaten gelangt, die man mit Berücksichtigung der Kleinheit der Parallaxen und der grossen Schwierigkeiten, denen die Beobachtung derselben unterworfen ist, als vollkommen befriedigend ansehen kann. Der erste glückliche Versuch der Art wurde von Bessel in Königsberg zu Stande gebracht. Er wählte den Stern 61 des Schwanes, einen Doppelstern ungefähr sechster Grösse, der unter allen bei uns mit freiem Auge sichtbaren Fixsternen die grösste Eigenbewegung (s. *II.* Abth.) besitzt. Da nämlich die Eigenbewegungen der Fixsterne offenbar Folgen von Ortsveränderungen sind, welche entweder die Sterne selbst, oder unser Sonnensystem, oder, was wohl das wahrscheinlichste ist, beide zugleich erfahren, so ist klar, dass ein Stern, der eine bestimmte Bewegung im Raume besitzt, im Allgemeinen eine um so grössere scheinbare Bewegung an der Himmelsphäre zeigen muss, je kleiner seine Entfernung von uns ist. Man ist zwar nicht berechtigt, auch den Rückschluss zu machen, dass jeder Stern, der eine grössere eigene Bewegung am Himmel zeigt, auch um so näher sein müsse; allein da wir gar kein bestimmtes und untrügliches Kennzeichen besitzen, wonach wir die grössere oder geringere Entfernung der Fixsterne beurtheilen könnten, so ist es doch wohl am natürlichsten, die näheren Fixsterne unter denjenigen aufzusuchen, welche eine rasche Bewegung zeigen. Aus diesem Grunde wählte Bessel den Stern 61 des Schwanes, bestimmte auf's Sorgfältigste den scheinbaren Abstand desselben von zwei in der Nähe befindlichen kleineren Sternen neunter Grösse, und setzte diese Beobachtungen über ein Jahr lang fort, um die ganze Periode der Parallaxe zu umfassen.

Es wäre zwar hinreichend gewesen, wenn Bessel bloss die Entfernungen des Sternes 61 Cygni von einem der beiden kleineren Sterne gemessen hätte, aber mit weiser Vorsicht, die diesen grossen Beobachter bei jeder seiner Unternehmungen auszeichnete, zog er auch den zweiten kleineren Stern in das Bereich seiner Messungen, um zwei von einander unabhängige Resultate zu erhalten, deren Uebereinstimmung dann eine um so grössere Bürgschaft für die Sicherheit der erhaltenen Parallaxe gewährte. Nachdem er alle Beobachtungen von dem Einflusse der Aberration (Kap. VI.) befreit hatte, zeigten sich in den gemessenen Distanzen sehr deutlich kleine Veränderungen, welche demselben Gesetze folgten, nach welchem eine jährliche Parallaxe von 61 Cygni, wenn sie noch merklich war, diese Distanzen ändern musste. Es waren also deutliche Spuren einer solchen Parallaxe vorhanden. Bessel fand durch gehörige Berechnung der sämmtlichen Messungen die

jährliche Parallaxe von 61 Cygni $= 0''.348$

woraus sich die Entfernung desselben = 592000 Erdweiten ergibt.

Dieser ersten glücklichen Bestimmung, die später von O. Struve wiederholt ein etwas abweichendes Resultat (0''.493) ergab, folgten mehrere andere, von denen wir einige hier anführen:

Stern.	Parallaxe.	Berechner.
α Centaur . . .	0''.92	Henderson und Maclear.
21258 Lalande .	0.26	Krüger.
17415 Oeltzen .	0.25	Krüger.
Sirius	0.23	Henderson.
α Leier	0.15	O. Struve und Peters.
1830 Groombridge	0.14	Peters.
α Bootes . . .	0.13	Peters.
α Kleiner Bär .	0.18	Peters u. s. w.

Nichts desto weniger bleibt aber doch Alles wahr, was wir oben über unsere Unkenntniss bezüglich der Entfernungen der Fixsterne gesagt haben. Denn die wenigen bisher gelungenen Bestimmunngen können, verglichen mit der unendlich grossen Zahl der Fixsterne, eben nur als ein unbedeutender Anfang angesehen werden. Der Stern Nro. 1830 des Groombridge'schen Kataloges, auch Argelander's Stern genannt, weil Argelander zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass dieser Stern die grösste bisher von Fixsternen bekannte Eigenbewegung besitze (II. Abth.), hat übrigens z. B. einen Beweis für die Bedenklichkeit des Schlusses aus starker Eigenbewegung auf die Nähe eines Fixsternes geliefert, wie man aus den hier gegebenen Zahlen sieht.

Kapitel VI.

Aberration der Fixsterne.

§. 73. (Erste hierher gehörende Erscheinungen.) Wir haben bereits zu Ende des vorhergehenden Kapitels derjenigen Beobachtungen erwähnt, die James Bradley zur Auffindung der Parallaxe der Fixsterne angestellt

hatte. Er begann sie zu Ende des Jahrs 1725 in Verbindung mit Samuel Molyneux, mit welchem er zu Kew vorzüglich den Stern γ im Kopfe des Drachen, der nahe durch das Zenith dieser Stadt geht, während mehrerer Jahre mit grosser Aufmerksamkeit verfolgte. Sein treffliches Instrument, ein Zenithsector von Graham, setzte ihn bald in den Stand, Aenderungen in der Lage dieses Sterns zu bemerken, die zwar nur sehr klein, aber auch zugleich sehr regelmässig waren, und deren Ursache zu erforschen ihm daher sehr angelegen sein musste.

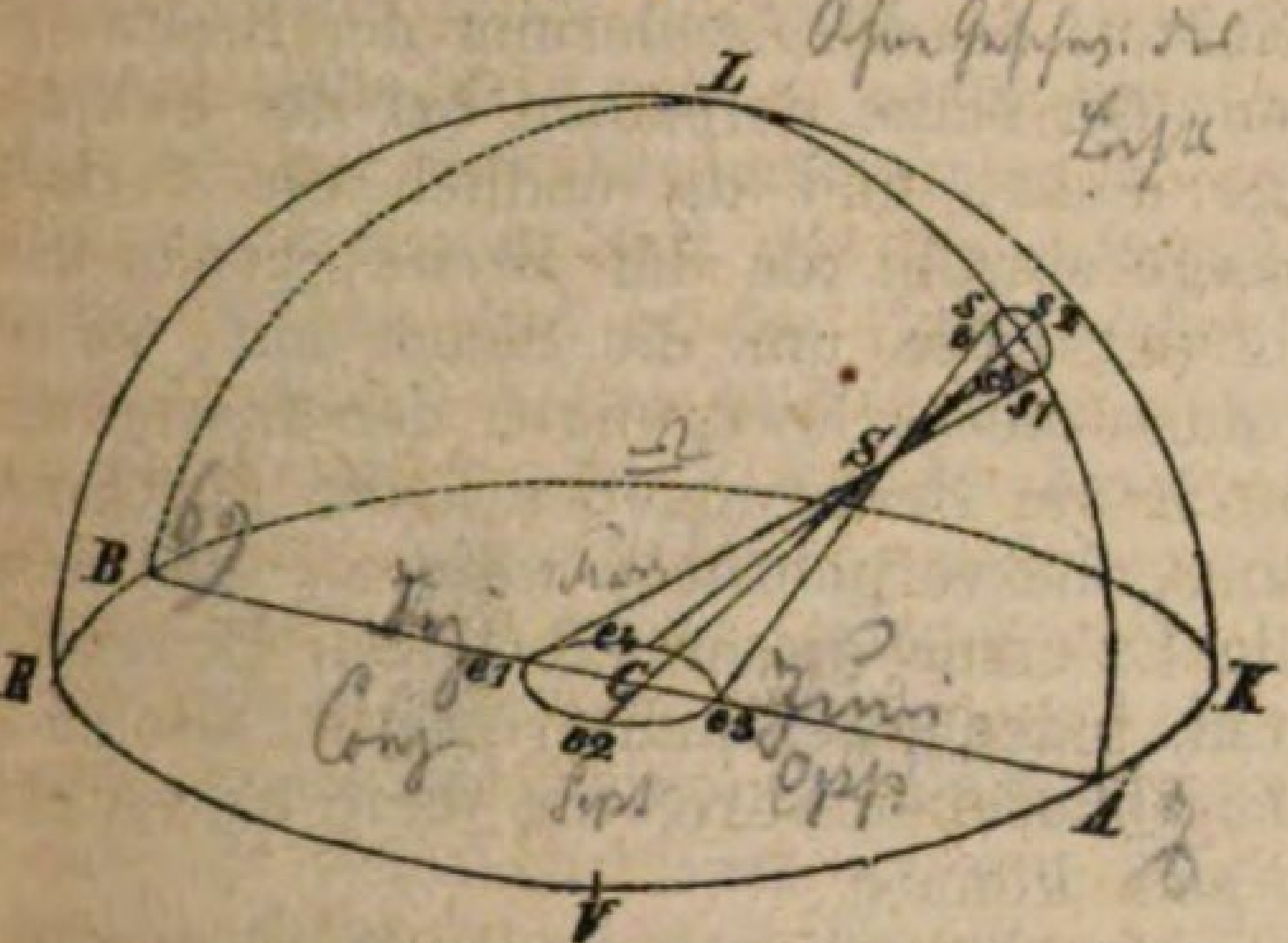
Er fand zuerst, dass die Veränderungen der Länge und der Breite dieses Sterns eine Periode haben, deren Länge gleich der Länge des Jahres ist. Da diess zugleich die Periode ist, in welcher die jährliche Parallaxe des Fixsterns, wenn sie überhaupt existirt, eingeschlossen sein muss, so mochte er, auf den ersten Anblick dieses Gegenstandes, wohl geglaubt haben, die so lang gesuchte Parallaxe endlich einmal gefunden zu haben. Allein eine nähere Betrachtung dieser jährlichen Veränderung des Sterns musste ihn bald von dieser Vermuthung zurückbringen. Er fand, dass die Länge dieses Sterns immer in der Mitte des Junius am grössten, und in der Mitte des December am kleinsten war, und dass sie in der Mitte des März und Septembers ihren mittlern Werth hatte. Die Breite im Gegentheile hatte im März ihren kleinsten, im September ihren grössten, und im Junius und December ihre mittleren Werthe.

Die Astronomen pflegen von den Sternen, die zu irgend einer Zeit mit der Sonne oder einem anderen, beweglichen Gestirne gleiche Länge haben, zu sagen, sie seien mit der Sonne oder mit diesem beweglichen Himmelskörper in Conjunction. Sind die Längen um 180° verschieden, so sagt man, die Sterne sind in Opposition; beträgt endlich die Differenz der Längen einen rechten Winkel, so sagt man, die Sterne sind in Quadratur mit der Sonne oder dem betreffenden beweglichen Körper. Conjunction und Opposition pflegt man auch mit einem Worte die Syzygien zu nennen. Da nun die Sonne um die Mitte des März, des Juni, des September und December nach der Reihe die Längen 0°, 90°, 180°, 270° erreicht, und der Stern γ Draconis sehr nahe im 270sten Grade der Länge steht, so sieht man, dass dieser Stern um die Mitte des December in Conjunction, um die Mitte des Juni in Opposition, dagegen Mitte März und September in Quadratur mit der Sonne sich befindet.

Diess vorausgesetzt, können wir nun jene Veränderungen des Sterns kürzer so ausdrücken: »Die Länge desselben hat in seiner Con»junction mit der Sonne den kleinsten, in der Opposition den grössten, »und in den beiden Quadraturen ihren mittlern Werth; die Breite aber »hat in den Quadraturen ihren grössten und kleinsten und in den bei»den Syzygien ihren mittlern Werth.« Und ganz demselben Gesetze folgten auch die jährlichen Bewegungen aller andern Sterne, die Bradley nebst γ Draconis an seinem Sector beobachtete. Dabei musste es ihm auffallen, dass der Unterschied der grössten und kleinsten Länge, in dem Orte des Sterns selbst betrachtet, bei allen Sternen von gleicher Grösse war, und 40.5 Sekunden betrug, während die Veränderungen der Breite immer kleiner wurden, je näher der Stern an der Ekliptik stand, bis endlich für Sterne in der Ekliptik die Breite derselben ganz unveränderlich, oder immer gleich Null blieb. Bradley nannte diese Veränderungen der Sterne die Aberration derselben.

Dass aber diese Bewegungen sich aus einer Parallaxe der Erdbahn nicht erklären lassen, wurde ihm bald klar. Die Wirkungen einer solchen Parallaxe lassen sich nämlich, nach dem vorhergehenden Kapitel, auf folgende Weise bildlich darstellen. Man denke sich (Fig. 17) durch einen Stern S und durch die Erde in allen Punkten ihrer Bahn e_1 e_2 e_3 e_4 gerade Linien gezogen, so werden diese geraden Linien die Oberfläche eines Kegels bilden, dessen Basis die Erdbahn und dessen Spitze der Stern ist. Verlängert man dann diese geraden Linien über den Stern hinaus, bis an die Fläche des Himmels EKL, so werden sie diese Fläche in einer krummen, ellipsenförmigen Linie s_1 s_2 s_3 s_4 schneiden, welche die parallaktischen Orte des Sterns, d. h. alle diejenigen Orte enthalten wird, in welcher während dem Laufe des ganzen Jahrs der Stern, von der Erde gesehen, erscheint, während er, von der Sonne gesehen, immer in dem Mittelpunkte jener Ellipse oder in demjenigen Punkte des Himmels erscheinen muss, wo die, von der Sonne nach der Spitze jenes Kegels gezogene gerade Linie verlängert den Himmel trifft.

Fig. 17.



Aus dieser einfachen Construction folgt sofort, dass wir den Stern, in Beziehung auf seinen mittlern Ort, d. h. in Beziehung auf den Mittelpunkt seiner Ellipse, immer auf der entgegengesetzten Seite des Himmels von derjenigen sehen werden, welche unsere Erde selbst in ihrer Bahn einnimmt. Wenn sich die Erde in e_1 befindet, so erscheint der Stern in s_1 und hier hat er offenbar seine kleinste Breite; denn EKA stellt die bis an die Himmelssphäre erweiterte Ekliptik, L den Pol der Ekliptik, also der Kreis ALB den Breitenkreis des Sternes vor, und es ist augenscheinlich s_1 derjenige Punkt der ganzen Ellipse s_1 s_2 s_3 s_4, welcher der Ekliptik am nächsten liegt oder die kleinste Breite hat. Es ist aber in dem Augenblicke, wo die Erde in e_1 steht, der Stern in Conjunction mit der Sonne; denn die Sonne erscheint von der Erde aus gesehen im Punkte A, ihre Länge ist also, wenn V den Frühlingspunkt vorstellt, gleich VA, und derselbe Bogen gibt auch die Länge des Sterns. Ebenso sieht man ein, dass in dem Augenblicke, wo die Erde in e_3 sich befindet, der Stern in Opposition mit der Sonne ist und seine grösste Breite hat. Die Länge des Sterns hat für diese beiden Stellungen der Erde ihren mittleren Werth. In den Zwischenlagen der Erde in e_2 und e_4, wo der Stern mit der Sonne in Quadratur steht, findet gerade das Gegentheil Statt; hier hat die Breite ihren mittleren Werth, während die Länge in e_2 den grössten, in e_4 den kleinsten Werth erreicht. Kurz: »Die Länge »jedes Sterns hat wegen seiner parallaktischen Bewegung in den Syzy- »gien ihren mittlern, und in den Quadraturen ihren grössten und klein- »sten Werth, während die Breite in den Quadraturen ihren mittlern, in »der Conjunction den kleinsten, und in der Opposition den grössten »Werth hat,« welches Gesetz demnach in allen seinen Theilen das

Gegentheil von dem oben aufgestellten Gesetze der Aberration ist, dem die von Bradley entdeckten Veränderungen unterworfen sind. Zwar lassen sich auch diese letzten Veränderungen durch eine Ellipse darstellen, welche der Stern um seinen mittlern Ort, oder um den Mittelpunkt dieser Ellipse, jährlich zurücklegt, aber diese beiden Ellipsen sind ebenso wesentlich von einander verschieden, wie die Bewegungen selbst, welche die Sterne in diesen beiden Bahnen befolgen.

§. 74. (Messung der Geschwindigkeit des Lichts.) Da die beobachteten Aenderungen der Aberration allen Sternen, ohne Ausnahme, zukommen, da jene Abweichung der scheinbaren Gesichtslinie derselben sich offenbar nach dem Laufe der Erde richtet, da die Aenderung der Breite der Sterne, wie wir gesehen haben, mit der Nähe derselben bei der Ekliptik im unmittelbaren Zusammenhange steht, und da endlich die Periode aller dieser Aenderungen, der Länge sowohl als der Breite, genau dieselbe Dauer, wie die Umlaufzeit der Erde um die Sonne hat, so ist wohl nicht weiter zu zweifeln, dass diese Bewegungen der Sterne nur scheinbar sind, dass sie bloss durch die Bewegung der Erde, gleichsam wie durch eine optische Täuschung, hervorgebracht werden, und dass sie daher als ein Beweis für die Existenz dieser jährlichen Bewegung der Erde angesehen werden könnten, indem, wenn unsere Erde, also auch unser Auge, still stünde, gar nicht abzusehen wäre, wie dann eine solche Verrückung aller Sterne möglich sein könnte.

Um aber die wahre Ursache der Aberration aus der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne abzuleiten, müssen wir zuerst eine andere Betrachtung vorausschicken.

Unter den Planeten, die, gleich unserer Erde, um die Sonne laufen, ist der schon oben erwähnte Jupiter, wegen seiner Grösse, wegen seiner mässigen Entfernung von der Erde und vorzüglich wegen der vier Monde, die ihn umgeben, sehr wichtig; die Entdeckung dieser Monde durch Galilei, gleich nach der Erfindung des Fernrohrs, bildet eine der interessantesten Epochen in der Geschichte der Astronomie. Indem diese vier Satelliten um Jupiter ihren Umlauf machen, treten sie fast in jeder Nacht in den Schatten, welchen der grosse Körper dieses Planeten hinter sich wirft, wo dann die Bewohner Jupiters das für sie so oft wiederkehrende Schauspiel einer Mondsfinsterniss haben, an welchem auch wir, durch Hülfe unserer Fernröhre, Theil nehmen können.

Diese Finsternisse gaben uns, wie ebenfalls schon Galilei bemerkte, die erste Auflösung des für die Nautik und für die gesammte mathematische Geographie so wichtigen Problems, die Länge des Beobachtungsortes auf der Erde zu finden. Die Beobachtungen der Bewegungen dieser vier Monde um ihren Hauptplaneten können aber mit Recht als eine schöne Bestätigung des von Kopernicus aufgestellten Weltsystems angesehen werden. Denn jener Planet mit seinen Satelliten bildet gleichsam ein isolirtes System am Himmel, in welchem wir in einem getreuen Abbilde diejenigen Veränderungen, die sich unter den übrigen Planeten erst in dem Zeitraume von vielen Jahrhunderten entwickeln, rasch auf einander folgen sehen; in welchem wir das bereits erwähnte Gesetz Kepler's, wodurch die Distanzen der Planeten nach ihren Umlaufszeiten geregelt werden, und selbst die gegenseitigen Perturbationen oder die Wirkungen dieser Körper unter einander wie in

einem Spiegel abgebildet erblicken, und in welchem endlich die Natur, um das Mass des Interesses, das sie in diese kleine Welt von Monden legte, voll zu machen, uns ein Mittel dargeboten hat, die Geschwindigkeit ihres schnellsten Körpers, des Lichts, zu messen.

Um die erwähnten Verfinsterungen dieser Monde zu geographischen Längenbestimmungen zu benützen, bestimmte man, aus lange fortgesetzten Beobachtungen, den Umlauf der Satelliten um Jupiter, und suchte daraus die Zeiten ihrer Finsternisse zu berechnen. Der dänische Astronom Olaus Römer war der erste, der um das Jahr 1675, also 50 Jahre vor Bradley's Entdeckung der Aberration, die Bemerkung machte, dass diese Rechnungen zwar zu der Zeit, wo Jupiter mit der Sonne in Quadratur steht, sehr gut, aber dafür desto weniger in den Syzygien mit den Beobachtungen übereinstimmten; dass diese Finsternisse nämlich zur Zeit der Opposition um nahe 8 Minuten und 13 Sekunden früher, und in der Conjunction eben so viel später, als die Berechnung gab, beobachtet wurden. Ist z. B. Jupiter in ♋ (Fig. 10), und die Sonne in *S*, so ist die Erde zur Zeit der Opposition in *b* und zur Zeit der Conjunction in *d*, also in der letzten Zeit um die ganze Strecke *bSd*, das heisst, um den Durchmesser der Erdbahn weiter als in der ersten Zeit von Jupiter entfernt. Diese einfache Bemerkung der verschiedenen Entfernungen Jupiters von der Erde zur Zeit der Syzygien reichte für den Scharfsinn Römer's hin, sogleich die wahre Erklärung jener Beschleunigung und Verzögerung der Finsternisse zu finden, eine Erklärung, die so natürlich ist, dass man nicht weiter an ihrer Wahrheit zweifeln kann.

In der Conjunction sind wir von Jupiter um den ganzen Durchmesser der Erdbahn weiter entfernt, als in der Opposition. Warum sehen wir also dort alle Finsternisse um 16 Min. 26 Sek. später, als hier? — Offenbar, weil das Licht, weil der Bote, der uns diese Nachricht bringt, dort einen viel grösseren Weg als hier zu durchlaufen hat, um bis zur Erde zu gelangen.

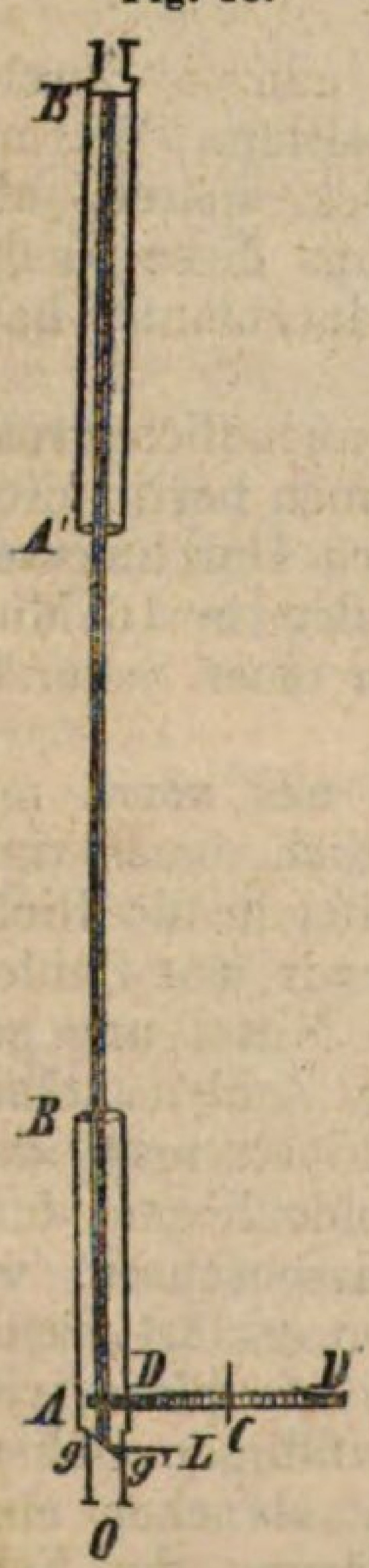
Das Licht, dessen Geschwindigkeit man früher für unendlich gross gehalten hat, braucht also auch eine gewisse Zeit, um einen bestimmten Raum zu durchlaufen. Und welche Zeit? — Es legt den Durchmesser der Erdbahn, d. h. es legt den Weg von 41'364000 Meilen in 16 Min. und 26 Sek. zurück. Die Geschwindigkeit des Lichts in einer Sekunde beträgt daher nahe 41900 Meilen.

Diese Geschwindigkeit des Lichtes übertrifft alle uns sonst mit Sicherheit bekannten Geschwindigkeiten so ausserordentlich, dass vielleicht mancher Leser auf den ersten Blick einigen Zweifel in die Richtigkeit dieses Resultates setzen dürfte, um so mehr, als wir jene Zahlen aus astronomischen Beobachtungen abgeleitet und kein Mittel angegeben haben, wie sich jeder von der Genauigkeit jener Zahlen selbst überzeugen kann. Es könnte ja der Verspätung der Finsternisse der Jupitersatelliten wohl auch eine andere Ursache zu Grunde liegen, und es wäre dieses nicht das erste Beispiel in unserer Wissenschaft, wo man eine Erscheinung am Himmel durch eine Hypothese erklärt hätte, die sich allen Umständen jener Erscheinung vollkommen anschloss, von der sich aber später zeigte, dass sie ungeachtet der zufälligen Uebereinstimmung mit dem Himmel doch nichts weiter war, als eben eine Hypothese, und die desswegen auch der wahren Erklärung das Feld

räumen musste, sobald diese durch unwiderlegliche Beweise sich als solche zu erkennen gab.

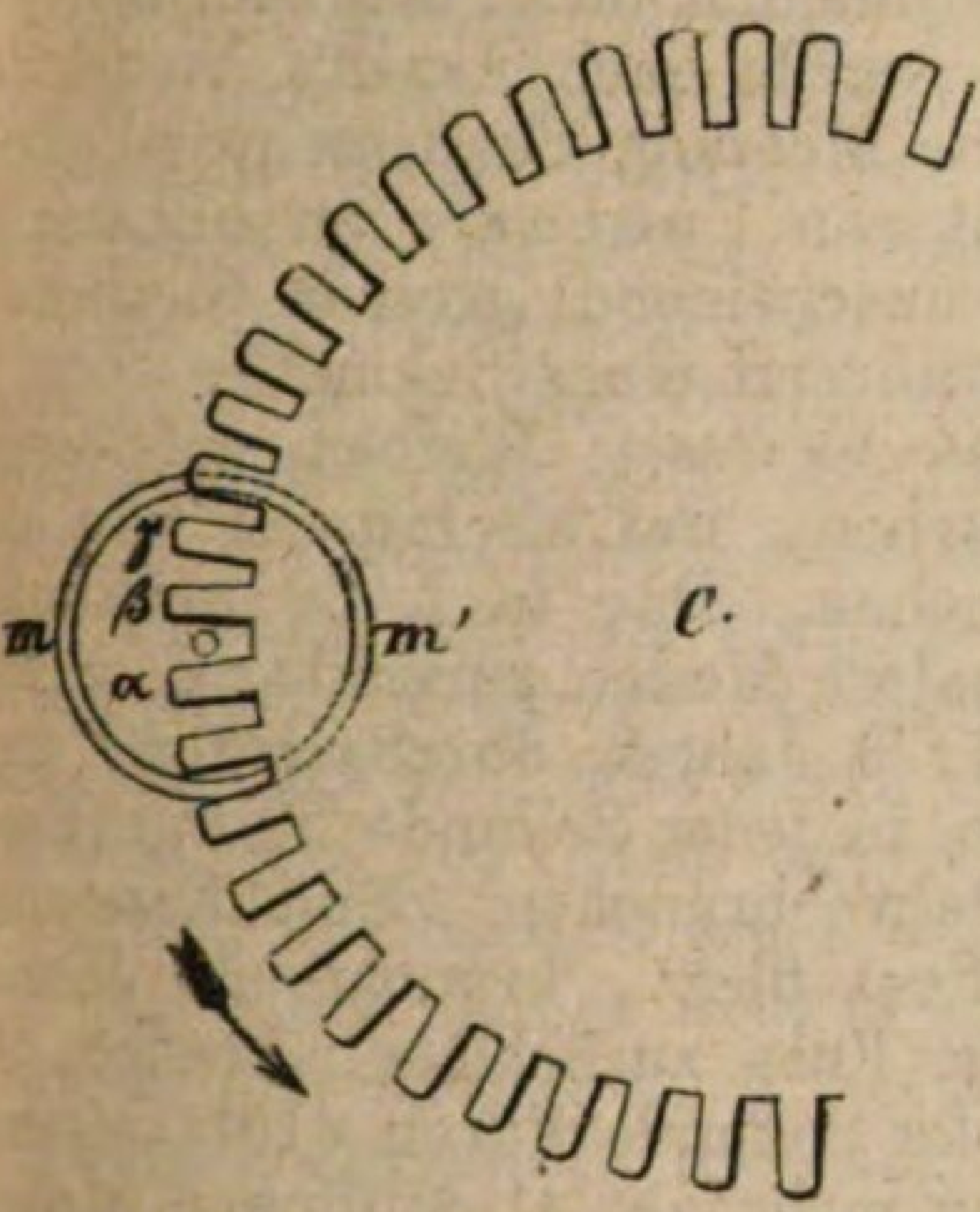
Man hat schon vor mehreren Jahrhunderten, noch ehe man durch Römer auf die Verspätung der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten aufmerksam wurde, Versuche über die Geschwindigkeit des Lichtes angestellt, aber sie führten nie zu einem entscheidenden Resultate. So viel war indess immerhin aus ihnen zu entnehmen, dass diese Geschwindigkeit eine sehr grosse sein, und alle Geschwindigkeiten, die wir kannten, selbst die einer Kanonenkugel oder des Schalles nicht ausgenommen, viele Male übertreffen müsse. Diess verleitete die Physiker sogar anzunehmen, dass die Geschwindigkeit des Lichtes unendlich gross sei, oder dass es immer nur eine unmessbare kurze Zeit, einen blossen Augenblick brauche, um einen, wenn auch noch so weiten Weg zurückzulegen. Da es bei einem solchen Versuche immer darauf ankommt, einen bestimmten Weg anzunehmen, z. B. eine Länge von einer Meile oder dergleichen, und dann die Zeit zu messen, welche das Licht anwendet, um diesen zu durchlaufen, diese zu ermittelnde Zeit aber jedenfalls eine ausserordentlich kleine sein wird, so ist es wohl unumgänglich nöthig, eine Vorrichtung zu Hülfe zu ziehen, die uns das Messen der Zeit mittelst unserer Sinne erspart, oder vielmehr diese Messung selbst übernimmt; denn vermöge der Unvollkommenheit unserer Sinne sind wir zur unmittelbaren Wahrnehmung eines so kurzen Zeitabschnittes ganz unfähig. Eine solche sehr sinnreiche Vorrichtung hat Fizeau in Paris im Jahr 1849 angegeben, und auch mittelst derselben eine Geschwindigkeit des Lichtes erhalten, die sehr nahe mit der aus astronomischen Beobachtungen abgeleiteten übereinstimmt. Fizeau stellte in einer bedeutenden Entfernung von einander (etwas mehr als eine Meile) zwei Fernröhre *AB* und *A'B'* (Fig. 18) so auf, dass eines durch das andere deutlich gesehen werden konnte. Zwischen dem Brennpunkte und dem Okulare *O* des Fernrohrs *AB* war eine unter 45⁰ gegen die optische Axe des Rohres geneigte vollkommen durchsichtige Glasplatte *gg'* angebracht, wodurch man in den Stand gesetzt war, das von einer starken Lampe bei *L* durch eine kleine Oeffnung in der Okularröhre bei *g'* in das Fernrohr kommende Licht gegen das Objektiv *B*, und dann weiter gegen das Fernrohr *A'B'* hin zu reflektiren. In dem Brennpunkte des Letzteren bei *B'* war ein Spiegel angebracht, dessen Ebene genau senkrecht auf die optische Axe des Fernrohrs stand, und mittelst dessen das von der Platte *gg'* kommende Licht zurückgeworfen in derselben Richtung wieder nach *gg'* und von da in das Auge des Beobachters bei *O* gelangte. In der Nähe des Fernrohres *AB*, aber etwas seitwärts, wurde eine Scheibe *DD'* aufgestellt, die an ihrer Peripherie mit Zähnen versehen, um eine mit der optischen Axe des Fernrohres parallele Axe *C* drehbar war, und mit Hülfe eines Räderwerkes in eine schnelle Rotation versetzt werden konnte. Man sieht diese Anordnung deutlicher aus Fig. 19, welche einen auf die optische

Fig. 18.



Axe des Fernrohres AB senkrechten Querschnitt der Scheibe vorstellt, und wo sich diese in ihrer wahren Gestalt zeigt. Der Kreis mm' ist der Durchschnitt des Fernrohres, der kleinere mit mm' concentrische Kreis stellt den Querschnitt des von der Platte gg' kommenden Lichtkegels vor, und die drehbare Scheibe steht so, dass ihre Zähne bei der Rotation diesen Lichtkegel durchschneiden müssen. Denken wir uns die Scheibe im Sinne des Pfeiles in Rotation versetzt, so wird das von gg' reflektirte Licht nur mit Unterbrechungen gegen das zweite Fernrohr $A'B'$ gelangen. Betrachten wir eine solche Lichtsäule, die eben zwischen den Zähnen α und β durch die Scheibe gegangen ist. Wenn in der Zeit, wo sie den Weg bis zum zweiten Fernrohr und zurück vollendet, die Scheibe in ihrer Rotation gerade so weit vorgeschritten ist, dass nun der Zahn β auf den Durchschnitt des Lichtkegels fällt, so wird die Lichtsäule nach ihrer Rückkehr vom zweiten Fernrohre eben durch den vorstehenden Zahn β verhindert, in das Auge des Beobachters zu gelangen. Rotirt aber die Scheibe doppelt so schnell, so wird bis zur Rückkehr der Lichtsäule das Intervall zwischen den Zähnen β und γ an die Stelle des Intervalles $\alpha\beta$ in der Figur getreten sein, und somit das Licht ungehindert in das Auge des Beobachters kommen können. Bei einer dreimal so schnellen Rotation wird das Licht durch den Zahn γ aufgehalten u. s. w.

Fig. 19.



Man sieht also, dass man je nach der verschiedenen Geschwindigkeit der Rotation der Scheibe bald Licht in's Auge bei O bekommen wird, bald nicht. Bestimmt man genau die Geschwindigkeit der Scheibe für diejenigen Fälle, wo ein Maximum oder Minimum an Licht Statt findet, so wird man daraus und aus der bekannten Distanz der Fernröhre auf die Geschwindigkeit des Lichtes schliessen können. Dieser Versuch gelingt sehr gut, selbst wenn man die Fernröhre in bedeutender Entfernung von einander aufstellt. Man sieht im Fernrohre bei O einen hellen Punkt, der bei wachsender Geschwindigkeit der rotirenden Scheibe von seinem höchsten Glanze durch alle Zwischenstufen bis zum völligen Verschwinden abnimmt, dann aber wieder zunimmt u. s. w. Bei den Verhältnissen, unter welchen das Experiment von Fizeau angestellt wurde, trat das erste Verschwinden ein bei 12.6 Umdrehungen der Scheibe in einer Sekunde, bei einer doppelten Geschwindigkeit glänzte der Punkt von Neuem am hellsten, bei einer dreifachen verschwand er wieder, u. s. w. Das erste Fernrohr war dabei auf der Terrasse eines Hauses in Suresnes, das zweite auf der Höhe des Montmartre aufgestellt in einer Distanz von ungefähr 8633 Mètres. Die Scheibe hatte 720 Zähne, und war mit einem Räderwerke verbunden, das durch Gewichte in Bewegung gesetzt wurde, und zugleich so eingerichtet, dass man die Geschwindigkeit der Scheibe jeden Augenblick

ablesen konnte. Das Resultat, welches Fizeau mittelst dieses Apparates aus 28 Beobachtungen ableitete, gibt für die Geschwindigkeit des Lichtes in einer Sekunde 70948 Lieues, oder da 25 Lieues auf einen Grad des Aequators gehen, 42569 geographische Meilen, nahe genug mit den astronomischen Beobachtungen übereinstimmt.

Ein anderer Apparat, der auf der schnellen Drehung eines Spiegels beruht, die Wheatstone zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität anwandte, wurde nach Arago's Vorschlag zuerst von Fizeau und Breguet für die Messung der Geschwindigkeit des Lichtes construirt und neuester Zeit von Foucault vervollkommt. Letzterer fand auf diesem Wege mit anscheinend grosser Sicherheit 40700 g. M. für den Weg des Lichtes während einer Sekunde.

§. 75. (Nähere Betrachtung der Geschwindigkeit des Lichts.) Bleiben wir einen Augenblick bei dieser Geschwindigkeit stehen, um sie mit der von andern uns bekannten Körpern zu vergleichen. Das in §. 68 erwähnte, schnell segelnde Schiff, das täglich hundert Meilen zurücklegt, würde den Durchmesser der Erdbahn erst in 1178 Jahren durchschiffen, und der eben daselbst angeführte Renner, der in jeder Sekunde 50 Par. Fuss durchläuft, würde zu jenem Wege 594 Jahre brauchen. Eine Kanonenkugel, die in jeder Sekunde 600 Par. Fuss fliegt, brauchte 50 Jahre; der Schall, der jede Sekunde 1038 Par. Fuss zurücklegt, braucht 29 Jahre, und das Licht endlich, das in jeder Sekunde durch 41900 Meilen fliegt, braucht zu demselben Zweck von mehr als 41 Millionen Meilen noch nicht einmal 16 ½ Minuten, oder nur etwas weniges mehr als eine Viertelstunde. — Die sogenannte Reise um die Welt oder den Umkreis der Erde von 5400 Meilen würde ein Wanderer, wenn er auch täglich 10 Meilen machte, erst in 540 Tagen oder nahe in 1 ½ Jahren zurücklegen; jenes Schiff braucht dazu 55 Tage, jene Kanonenkugel 2 ½ Tage, der Schall nur 1⁴/₁₀ Tage, und das Licht bloss den achten Theil einer Sekunde. Also in einer einzigen Sekunde, in der Zeit, die wir brauchen, mit unsern Augenlidern zu winken, in der Zeit eines einzigen Flügelschlags des mächtigsten Adlers, schwingt sich das Licht durch eine Entfernung, die den Umfang der ganzen Erde achtmal übertrifft. Und doch würde dasselbe Licht, mit dieser uns unbegreiflichen Geschwindigkeit, um nur von dem nächsten Fixsterne in gerader Linie oder auf dem kürzesten Wege bis zu uns zu gelangen, wie wir §. 70 gesehen haben, über drei volle Jahre brauchen!

Und diese erstaunenswürdigen Resultate sind eine Folge von einfachen Rechnungen, die so leicht sind, dass sie ohne Zweifel jeder Leser mit uns gemacht hat. Wer von uns aber würde, wenn er sie nicht machen könnte, von dem Interesse, welches dieser Gegenstand einflösst, angezogen, diese einfachen Rechnungen, und durch sie den einzigen Weg nicht kennen lernen wollen, auf welchem man zur Kenntniss solch' interessanter Resultate und zur Ueberzeugung gelangen kann, dass sie der Wahrheit vollkommen gemäss, und über allen Zweifel erhaben sind! — Möchte diess doch den Lesern dieser Blätter eine Veranlassung sein, auch die minder einfachen Theile der mathematischen Analysis etwas näher kennen zu lernen. Wir werden später noch oft andere, nicht minder überraschende, nicht minder wunderbare Resultate unserer Wissenschaft mitzutheilen Gelegenheit haben, aber nur selten wird es uns vergönnt sein, von ihnen, so wie hier, auch ihre Beweise mitzutheilen,

weil diese Beweise meistens schon höhere mathematische Kenntnisse erfordern, die wir, dem Zwecke dieser Schrift gemäss, bei den Lesern nicht voraussetzen. Alsdann werden wir, des besten Willens ungeachtet, gezwungen sein, die schönsten Blüthen und Früchte der Wissenschaft, ohne ihre Gründe, nur historisch mitzutheilen, und die Leser, sie auf Treu und Glauben anzunehmen.

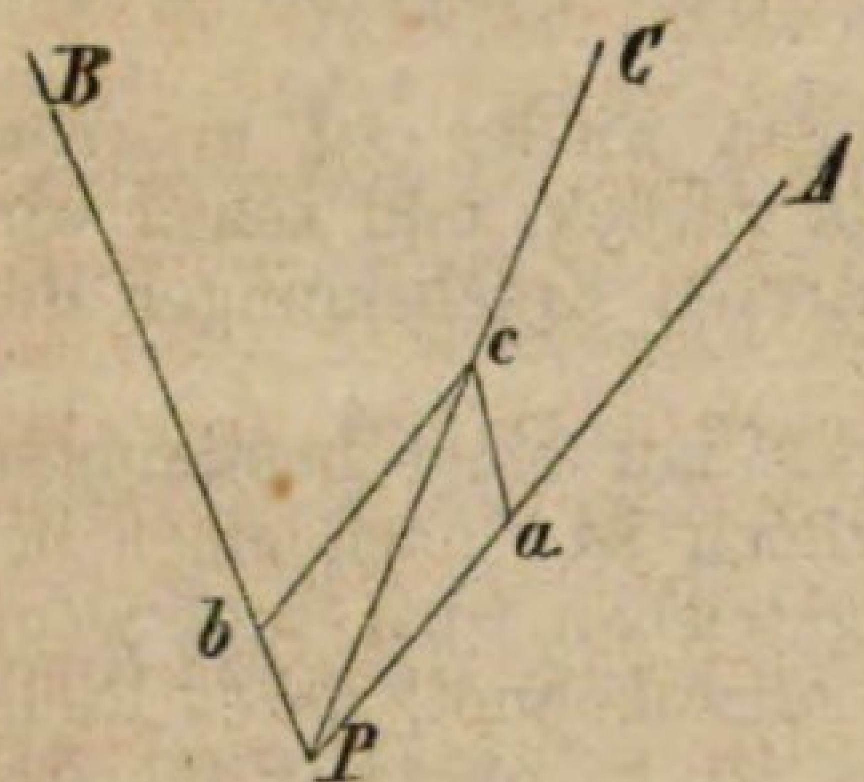
Doch kehren wir von diesen Betrachtungen wieder zu unserem Gegenstande, zu der Geschwindigkeit des Lichts zurück, und sehen wir, auf welche Weise dieselbe mit den oben erläuterten Erscheinungen der Aberration in Verbindung stehen mag.

§. 76. (Zerlegung der Kräfte.) Wenn ein Körper mit einer bestimmten Kraft, die z. B. dem Druck von 30 Pfunden gleich ist, nach einer bestimmten Richtung, z. B. von Süd nach Nord, getrieben wird, und wenn noch eine andere Kraft, etwa von 10 Pfunden, hinzukommt, deren Richtung dieselbe mit der vorhergehenden ist, so ist es offenbar für das Endergebniss gleichviel, ob diese beiden Kräfte von 30 und von 10 Pfunden, jede für sich, oder beide zugleich auf den Körper wirken, oder ob derselbe nur von einer einzigen Kraft von 40 Pferden getrieben wird, die gleich der Summe jener beiden Kräfte und deren Richtung dieselbe mit der jener beiden Kräfte ist. Wenn aber die erste Kraft von 30 Pfunden den Körper nach Nord, und die andere von 10 Pfunden ihn in der entgegengesetzten Richtung nach Süd treibt, so wird diesen beiden Kräften eine andere gleichgeltend sein, die den Körper mit der Gewalt von 20 Pfunden nach Nord treibt, deren Grösse also die Differenz und deren Richtung mit jener der grössern der beiden ersten Kräfte dieselbe ist. — Diess ist für sich klar, und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Nach dem Begriffe, den man in der Mechanik mit dem Worte Kraft verbindet, wird die doppelte Kraft eine doppelte, die dreifache Kraft eine dreifache Bewegung oder Geschwindigkeit des Körpers hervorbringen, diese vielfache Kraft mag auf einmal, oder auch theilweise, oder nach und nach an dem Körper angebracht werden; und wenn dieser Körper schon vor der Wirkung dieser Kräfte nach einer gewissen Richtung in Bewegung war, so wird die durch die hinzukommende Kraft entstandene Bewegung zu jener ersten addirt, wenn sie dieselbe Richtung, oder von ihr subtrahirt, wenn sie eine entgegengesetzte Richtung hat.

Wenn aber die Richtungen der beiden auf einen Körper wirkenden Kräfte weder dieselben, noch auch einander entgegengesetzt sind? Wenn z. B. die erste Kraft von 80 Pf., nach der Richtung *PA* (Fig. 20) wirkend, allein den Körper in einer Sekunde durch den Weg *Pa*, und die zweite Kraft von 10 Pf. nach der Richtung *PB* ebenfalls allein wirkend, den Körper in derselben Zeit durch den Weg *Pb* treiben würde, wo wird, am Ende dieser Sekunde, der Körper *P* sein? — Zieht man, um diese Frage zu beantworten, durch den ersten Punkt *a* eine mit dem zweiten Weg *BP*, und eben so durch den zweiten Punkt *b* eine mit dem ersten Weg *PA* parallele Linie, und ist *c* der Durchschnittspunkt dieser beiden Parallelen, so wird der Körper am Ende der ersten Sekunde in diesem Durchschnittspunkte *c* sein. Man nennt aber jedes Viereck, dessen je zwei gegenüberstehende Seiten parallel sind, ein Parallelogramm, und in demselben die gerade Linie *Pc*, welche zwei gegenüberstehende Winkelspitzen verbindet, die Diagonale des Parallelogramms.

— Wenn also zwei Kräfte von gegebener Grösse *Pa* und *Pb* unter einem gegebenen Winkel *APB* auf einen Körper *P* wirken, so wird die Wirkung dieser beiden Kräfte zusammen gleichgeltend sein einer einzigen Kraft *Pc*, welche, ihrer Grösse sowohl als ihrer Richtung nach, durch die Diagonale des Parallelogramms dargestellt wird, dessen Seiten *Pa* und *Pb* die Grösse und Richtung der beiden gegebenen Seitenkräfte ausdrücken. Denn da die erste jener zwei gegebenen Kräfte den Körper nach der Richtung der Linie *PA*, die der *bc* parallel ist, treibt, so wird diese Kraft die von der zweiten Kraft herrührende Geschwindigkeit des Körpers, mit welcher er sich der Linie *bc* nähert, nicht ändern, oder der Körper wird sich dieser Linie *bc* immer auf dieselbe Weise nähern, die erste Kraft nach *PA* mag auf ihn wirken oder nicht, und er wird daher, am Ende jener Sekunde, irgendwo in dieser Linie *bc* sein. Ganz eben so wird man aber auch zeigen, dass er, bloss durch die Wirkung der ersten Kraft, am Ende derselben Sekunde, irgendwo in der Linie *ac* sein, dass er also, am Ende dieser Zeit, zugleich in der Linie *bc* und in der Linie *ac*, d. h. dass er in dem Durchschnittspunkte *c* dieser beiden Linien sein müsse.

Fig. 20.



Man wird demnach je zweien ihrer Grösse und Richtung nach gegebenen Seitenkräften *Pa* und *Pb* eine einzige ihnen gleichgeltende mittlere Kraft *Pc* substituiren können, und da die Wirkungen der Kräfte durch die Wege, welche sie die Körper beschreiben machen, oder durch die Geschwindigkeiten dieser Körper gemessen werden, so wird man auch die Wege und die Geschwindigkeiten der Körper eben so zerlegen und zusammensetzen können, wie wir diess eben bei den Kräften selbst gethan haben. Ein Körper also, der in derselben Zeit zugleich durch den Weg *Pa* und durch den Weg *Pb* gehen soll, wird durch den Weg *Pc* gehen; oder ein Körper, dessen Geschwindigkeit nach der Richtung *PA* gleich *Pa* und nach der Richtung *PB* gleich *Pb* ist, wird eigentlich die Geschwindigkeit *Pc* nach der Richtung *PC* haben.

Dasselbe Parallelogramm, durch dessen Hülfe wir zwei Kräfte oder zwei Geschwindigkeiten auf eine einzige, jenen beiden gleichgeltende, gebracht haben, wird uns auch dienen, jede einzelne gegebene Kraft oder Geschwindigkeit *Pc* auf zwei andere *Pa* und *Pb* zu bringen, die, beide zusammengenommen, jener gegebenen einzelnen Kraft gleichgeltend sind. Wir werden zu diesem Zwecke die gegebene Grösse *Pc* als die Diagonale eines Parallelogramms ansehen, oder auf ihr, als Grundlinie, ein willkürliches Dreieck *Pca* errichten und auf der andern Seite von *Pc* die Linie *Pb* mit *ca*, und *cb* mit *Pa* parallel ziehen, wo dann die Linien *Pa* und *Pb* die beiden gesuchten Seitenkräfte vorstellen werden. Am einfachsten wird es sein, wenn man von allen den Dreiecken *Pca*, die man über der Basis *Pc* errichten kann, ein bei *a* rechtwinkeliges Dreieck wählt, wo dann die beiden Seitenkräfte *Pa* und *Pb* selbst auf einander senkrecht stehen werden. Nennt man für diesen Fall r die mittlere, nach der Diagonale *Pc* des Rechtecks *Pabc* gerichtete Kraft, und bezeichnet beide Seitenkräfte, die eine *Pa* durch x, die andere *Pb*

durch *y*, so wie den Winkel *aPc* durch *a*, so hat man die drei einfachen Ausdrücke

$$r^2 = x^2 + y^2,\ x = r Cos a \text{ und } y = r Sin a$$

woraus man, wenn die Seitenkräfte *x*, *y* gegeben sind, die mittlere Kraft *r* und ihren Winkel *a* mit *x*, oder auch, wenn die mittlere Kraft *r* mit ihrem Winkel *a* gegeben ist, die beiden unter sich senkrechten Seitenkräfte leicht und ohne alle Mühe bestimmen wird.

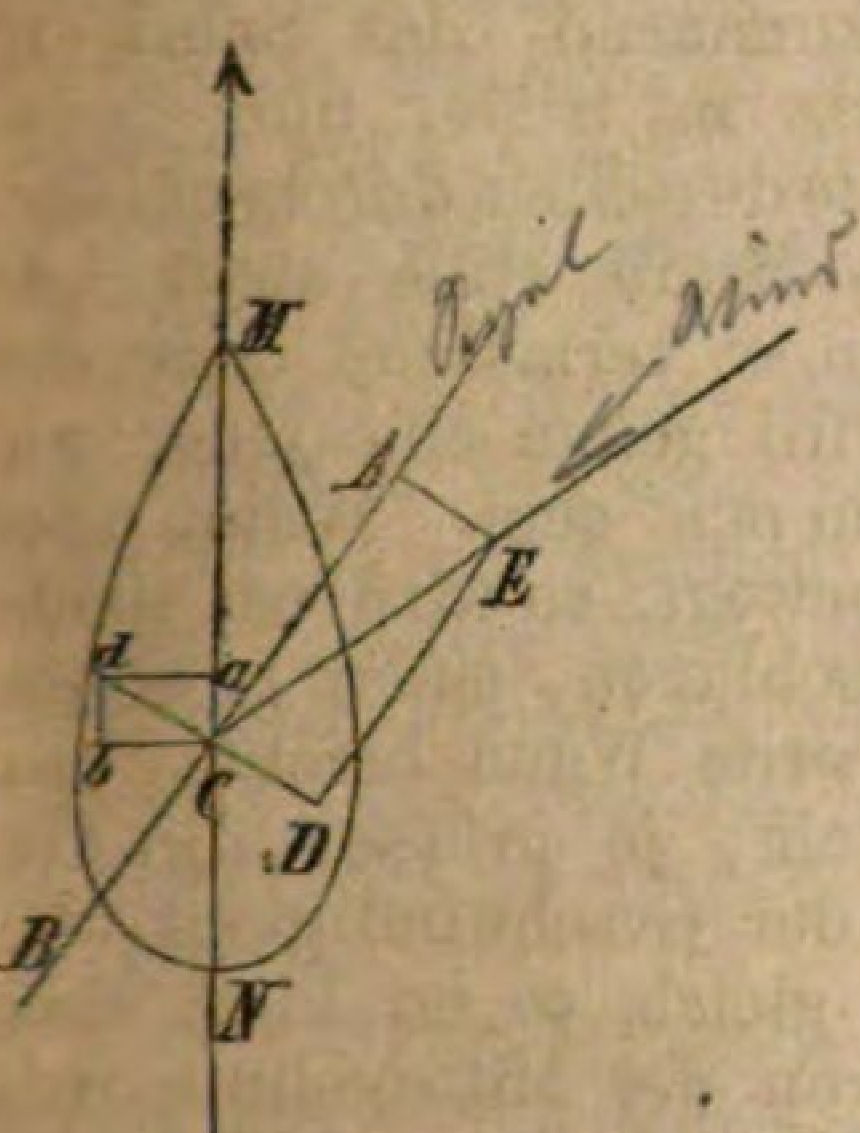
§. 77. (Anwendungen des Vorigen.) Diese einfache Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte ist durch das ganze Gebiet der Mechanik von der grössten Wichtigkeit, so dass nur wenige Probleme dieser Wissenschaft gefunden werden, in welchen man sie nicht mit Nutzen anwenden könnte. Wir wollen nur einige Beispiele aus dem gemeinen Leben kurz anführen.

Wenn bei ganz ruhigem Wetter die Regentropfen senkrecht zur Erde fallen, so treffen sie den senkrecht stehenden Wanderer in seinem Scheitel. Aber so wie er in irgend einer Richtung dem Regen zu entlaufen sucht, scheinen dieselben Tropfen alle die Richtung gegen sein Gesicht zu nehmen, und er hat dieselbe Empfindung, als stünde er noch still, während ein in der entgegengesetzten Richtung seines Laufes wehender Wind ihm den Regen in's Gesicht führte.

Wir fühlen im Gehen den uns gerade entgegen blasenden Wind stärker, weil es uns scheint, dass er, ausser seiner eigenen Geschwindigkeit, auch noch diejenige habe, mit welcher wir selbst ihm entgegenlaufen. Wenn der Wind von Westen weht, und wir gehen gen Süden, so haben wir dieselbe Empfindung, als wenn der Wind, ausser seiner wahren Bewegung von Westen, auch noch eine andere von Süden hätte, d. h. als wenn er von Südwest käme; und diese neue Richtung des Windes wird uns desto näher aus Süden zu kommen scheinen, je schneller wir selbst gegen Süden laufen.

Sei *M* (Fig. 21) der Vordertheil, und *N* der Hintertheil eines Schiffes, dessen Segel in der Richtung *AB* aufgestellt ist, während der Wind in der sehr schiefen Lage *EC* weht, die das Schiff mehr rück- als vorwärts zu treiben scheint. Drückt die Länge der Linie *EC* die Kraft oder die Grösse des Windes aus, so sei *ACDE* ein Rechteck, von welchem *EC* die Diagonale ist. Man wird also statt dieser Kraft *EC* des Windes zwei andere Kräfte oder zwei andere Winde substituiren können, von welchen der eine *CA* nach der Richtung des Segels wehen, und daher weder auf das Segel, noch auf das Schiff weiter wirken wird, während der andere *CD* die Fläche des Segels senkrecht trifft, und seine ganze Kraft gegen dasselbe ausübt. Wir wollen daher nur mehr die Wirkung dieses letzten Windes betrachten, und diese Linie *CD* verlängern, bis *Cd* gleich *CD* wird. Betrachtet man auch hier die Linie *Cd* als die Diagonale eines Rechtecks *adbC*, so wird der für das Schiff noch wirkende Theil *Cd* des Windes in zwei andere *Ca* und *Cb* aufgelöst, und von diesen wirkt der erste *Ca* in der

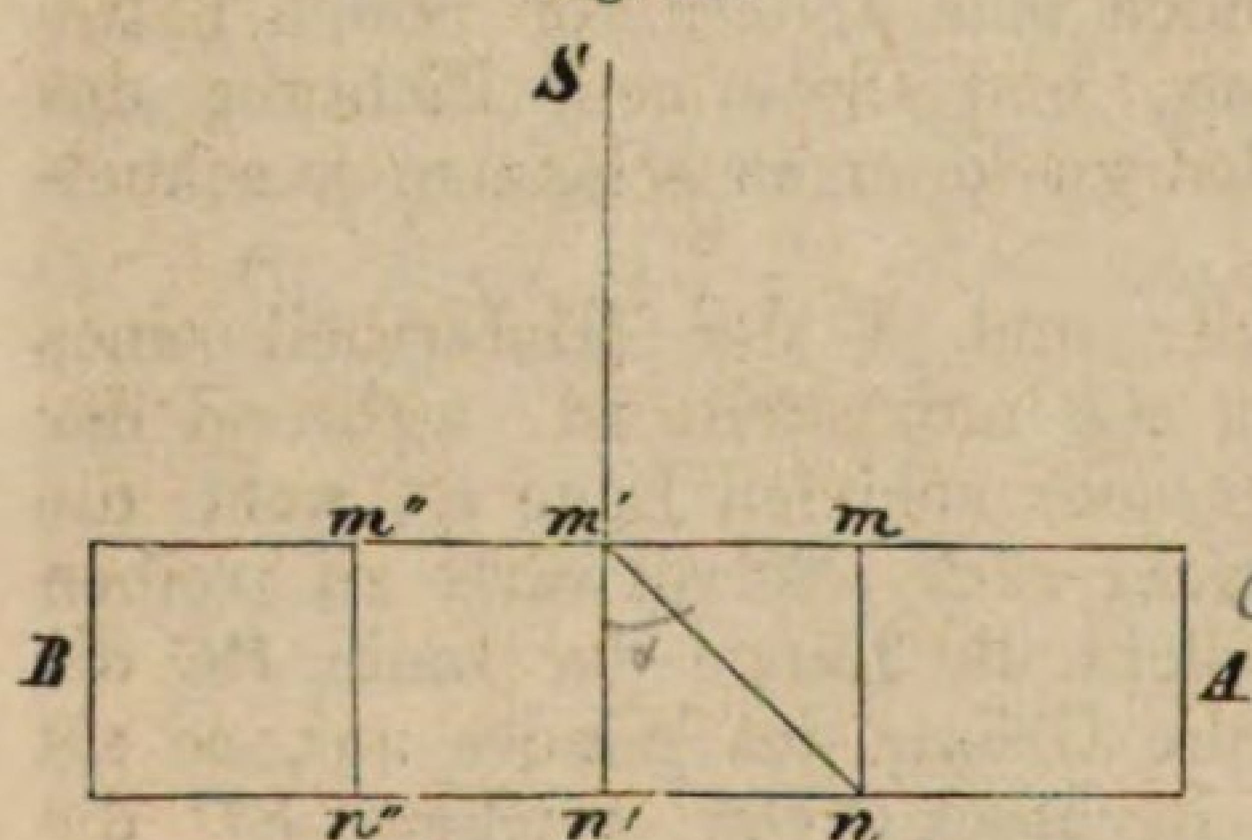
Fig. 21.



Richtung *NM* des Schiffkiels oder längs des Weges, welchen das Schiff nehmen soll, und der andere *Cb* senkrecht auf diesen Weg oder senkrecht auf die Länge des Schiffes. Da aber das Schiff absichtlich so gebaut worden ist, dass es viel leichter in der Richtung seiner Länge *NM*, als in der *bC* seiner Breite bewegt werden kann, so wird es ungeachtet der ersten sehr ungünstigen Richtung *EC* des Windes mit beträchtlicher Geschwindigkeit nach der Richtung *Ca* oder längs seines Kieles und nur sehr wenig in der darauf senkrechten Richtung *bC* fortgehen, welcher letztere Weg in der englischen Schiffersprache bekanntlich der *Lee-way* des Schiffes heisst. In diesem Beispiele sind demnach zwei auf einander folgende Auflösungen der Kräfte enthalten, da zuerst der ursprüngliche Wind *EC* in die zwei Seitenwinde *DC* und *AC* zerfällt wird, von welchen der zweite ganz unwirksam, und der erste *DC* oder *dC* wieder in die beiden *Ca* und *Cb* sich auflöst. Der blosse Anblick der Zeichnung zeigt schon, dass der Weg *Ca*, den das Schiff durch Hülfe des ursprünglichen Windes *EC* zurücklegt, im Allgemeinen desto grösser sein wird, je grösser erstens die Kraft dieses Windes, d. h. je grösser die Linie *EC*, und je grösser zweitens der Winkel *MCE* ist, unter welchem er gegen den Kiel *MN* des Schiffes gerichtet ist.

§. 78. (Ursache der Aberration.) Nehmen wir, um noch einige Augenblicke bei unserem letzten Gleichnisse zu bleiben, an, es befinde sich ein Reisender auf einem Schiffe *AB* (Fig. 22), das die Gestalt eines Rechteckes hat, und das auf einem Strome von West nach Ost oder von *A* nach *B* fährt. Auf dem Boden des Schiffes seien die auf die Seiten des Schiffes senkrechten Linien *mn*, *m'n'*, *m''n''* . . gezogen, die also alle von Süd nach Nord gehen, oder Mittagslinien vorstellen. Nehmen wir noch an, dass eine Kanonenkugel, vom südlichen Ufer, gerade in der Richtung der Mittagslinie kommend, das Schiff in dem Punkte *m'* treffe, und beide Seitenwände desselben durchschlage. Wenn das Schiff stille steht, so wird die in *m'* einbrechende Kugel das Schiff in *n'* verlassen, oder der Weg der Kugel innerhalb des Schiffsraumes wird genau eine jener auf dem Boden desselben verzeichneten Mittagslinien *m'n'* sein. Wenn aber das Schiff sich sehr schnell von West gen Ost bewegt, so wird es, nachdem die Kugel in *m'* durch die erste Wand geschlagen, einen gewissen Weg zurücklegen, bis die Kugel durch die zweite Wand bricht, und dieser Weg des Schiffes wird desto grösser sein, je grösser die Geschwindigkeit des Schiffes im Vergleiche mit der Geschwindigkeit der Kugel ist. Wären die Geschwindigkeiten beider gleich, so ist klar, dass das zweite Loch *n* des Schiffes eben so weit von der Mittagslinie *m'n'* des ersten Loches *m'* gegen West abliegen würde, als das Schiff selbst breit ist, dass also die beide Löcher *m'* und *n* verbindende Linie *m'n* mit der Mittagslinie *m'n'* einen Winkel von 45 Graden bilden wird, und dass daher auch ein Reisender in dem Schiffe, der nicht wüsste, dass

Fig. 22.



das Schiff selbst in Bewegung ist, glauben wird, man habe sein Schiff in dieser Richtung von 45 Graden gegen die Mittagslinie durchschossen, da man doch in der That in der Richtung der Mittagslinie selbst darauf geschossen hat.

Wollte er nun, um Wiedervergeltung zu üben, aus seiner eigenen Kanone in dem Schiffe auf den Schützen am südlichen Ufer zurückschiessen, und würde er, seinem erwähnten Glauben zu Folge, seine Kanone ebenfalls in die Mittagslinie, also in dieselbe Richtung *m'n* stellen, welche, nach seiner Ansicht, die Richtung des Schusses vom Ufer war, so würde er seine Schiffskanone um volle 45 Grade falsch gerichtet haben.

Oder auch, wollte man das Schiff gegen solche von dem südlichen Ufer in der Richtung der Mittagslinie abgeschossene Kugeln dadurch wenigstens in einem Punkte *m'*, etwa in der Nähe der Pulverkammer, sicher stellen, dass man in *m'* und *n'* eine Oeffnung in den Seiten des Schiffes anbrächte, und sie mit einer starken metallenen Röhre in der Richtung der Mittagslinie *m'n'* verbände, durch welche die Kugel, wenn sie in *m'* ankommt, frei durchgehen soll, so würde man dadurch seinen Zweck nicht erreichen, weil die Kugel, obschon sie in der Richtung der Mittagslinie abgeschossen wird, in dem Schiffsraume doch nicht den der Mittagslinie parallelen, sondern den um 45 Grade gegen jenen geneigten Weg *m'n* zurücklegt, daher man also auch jener Röhre dieselbe Lage *m'n* geben muss, wenn die Kugel in der That durch dieselbe frei durchgehen soll, ohne die Wand der Röhre zu treffen, und ohne das Schiff zu verletzen. Alles unter der oben gegebenen Voraussetzung, dass die Geschwindigkeit der Kugel und des Schiffes einander gleich, und die Richtungen beider Bewegungen auf einander senkrecht sind. Hätte diese Voraussetzung nicht Statt, und wäre z. B. die Geschwindigkeit der Kugel zehn- oder hundertmal grösser, als die des Schiffes, so würde der Winkel *nm'n'* nicht mehr 45 Grade betragen, aber seine wahre Grösse würde sich aus den in §. 76 gegebenen Formeln in allen Fällen leicht finden lassen. Jenem Ausdrucke zu Folge wird nämlich, wenn *m'n'* die Geschwindigkeit der Kugel, und *n'n* die des Schiffes bezeichnet, die Grösse *nn'* dividirt durch *m'n'* gleich der Tangente des gesuchten Winkels *nm'n'* sein (Einl. §. 32). Ist z. B. die Geschwindigkeit der Kugel 10- oder 100mal grösser als die des Schiffes, so ist jener Winkel gleich $5^0.7$ oder gleich $0^0.6$.

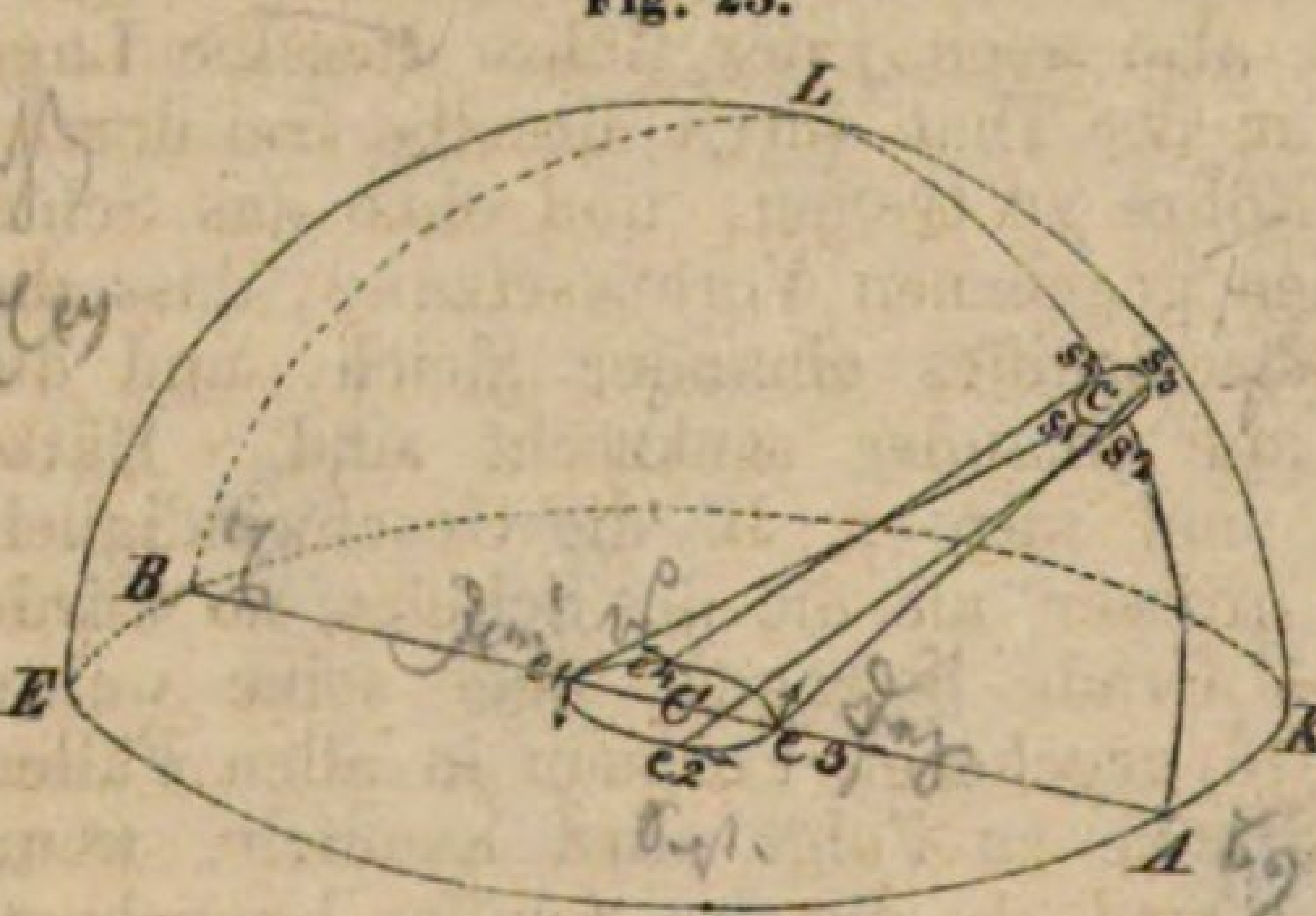
Was von diesem Schiffe und seiner Röhre gesagt worden ist, gilt nun ebenfalls von dem grossen Weltschiffe, der Erde, und von unsern Fernröhren, mit welchen wir die Gegenstände des grossen Oceans, den wir auf unserer Reise um die Sonne befahren, zu betrachten pflegen. Auch diese Fernröhre müssen gegen die Gestirne so gerichtet werden, dass das Licht, welches von den Sternen ausgeht, ohne an die Wände des Fernrohrs zu stossen, frei durchgehen, und zu unserem Auge gelangen kann.

Um diese Richtung des Fernrohrs oder des scheinbaren Lichtstrahls gegen die wahre zu finden, werden wir, nach dem Vorhergehenden, die Geschwindigkeit der Erde durch die des Lichtes dividiren, wo dann der Quotient dieser beiden Zahlen die Tangente des gesuchten Winkels sein wird, den der scheinbare Lichtstrahl mit dem wahren bildet. Die Erde legt aber in ihrer jährlichen Bahn um die Sonne während

einer Sekunde 4.113, und das Licht legt, wie wir oben (§. 74) gesehen haben, in derselben Zeit 41900 Meilen zurück. Der Quotient beider Zahlen ist 0.000008162, und diess ist die Tangente von 20.25 Sekunden, also genau derselbe Winkel, den wir oben (§. 73) unmittelbar aus den beobachteten Erscheinungen der Aberration abgeleitet haben. — Diese schöne Uebereinstimmung der aus der bekannten Geschwindigkeit des Lichtes gefundenen Theorie der Bewegung der Fixsterne mit den unzähligen Beobachtungen, die seitdem an diesen Fixsternen mit den genauesten Instrumenten angestellt worden sind, ist daher nicht bloss ein neuer Beweis für die Richtigkeit von Römer's Entdeckung, sondern sie gibt auch zugleich der bereits im vorhergehenden Kapitel als sehr wahrscheinlich gefundenen jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne einen Grad von Bestätigung, der unmittelbar an das volle Licht der Wahrheit grenzt, und dessen sich wohl nur wenige Hypothesen der Astronomie und der Physik zu erfreuen haben mögen.

Es wird nun nicht schwer sein, die Erscheinungen der Aberration, so wie sie von Bradley beobachtet wurden, und wie wir sie zu Anfange dieses Kapitels auseinandergesetzt haben, aus der Zusammensetzung der Bewegungen des Lichtes und der Erde vollständig zu erklären. Es sei (Fig. 23) e_1 e_2 e_3 e_4 die Erdbahn, EAK der Durchschnitt ihrer Ebene mit der Himmelssphäre, c der Punkt der Himmelssphäre, wo irgend ein Stern von der Sonne C aus gesehen wird. Nehmen wir die Entfernung des Sternes als unendlich gross an gegen den Halbmesser der Erdbahn, d. h. sehen wir ab von der Parallaxe des Sternes, so würde derselbe, wenn das Licht eine unendlich grosse Geschwindigkeit besässe, von allen Punkten der Erdbahn aus immer in demselben Punkte

Fig. 23.



c erscheinen. Aber zu Folge der in der Natur wirklich stattfindenden Geschwindigkeit des Lichtes wird nach dem Vorhergehenden der scheinbare Lichtstrahl gegen den wahren fortwährend um einen kleinen Winkel, den Aberrationswinkel, vorgeschoben, und zwar im Sinne der Bewegung der Erde um die Sonne. Daher wird, wenn die Erde in e_1 steht, wo sie sich im Sinne des Pfeiles nach vorwärts bewegt, der Stern nicht in c, sondern in s_1 oder im Sinne der Bewegung der Erde vorgeschoben erscheinen. Eben so sieht man ihn von e_2 e_3 e_4 aus nach der Reihe in s_2 s_3 s_4, woraus man leicht sieht, dass er im Verlaufe eines Jahres eine kleine Ellipse zurücklegt, deren Mittelpunkt der wahre von der Sonne aus gesehene Ort des Sternes ist; die grösste Länge fällt in die Opposition, die kleinste in die Conjunction, so wie die grösste und kleinste Breite in die Quadratur des Sterns mit der Sonne. Für Sterne, die in der Nähe des Poles der Ekliptik liegen, ist die Ellipse sehr nahe kreisförmig; je mehr man gegen die Ekliptik herab geht, desto geringer werden die Breitenänderungen der Sterne zu Folge der Aberration, desto gestreckter werden auch die Ellipsen, die sie beschreiben;

für Sterne in der Ekliptik sind die Breitenänderungen verschwindend, daher sich hier die entsprechenden Ellipsen in gerade zur Ekliptik parallele Linien zusammenziehen.

Noch wollen wir bemerken, dass die hier besprochene Erscheinung gewöhnlich Aberration der Fixsterne genannt wird, obschon sie als ausnahmlose Folge des Verhältnisses zwischen den Geschwindigkeiten des Lichtes und der Erde bei allen Himmelskörpern eintritt. Der Umstand aber, dass das Licht überhaupt nicht unendlich schnell, sondern mit einer gewissen angebbaren Geschwindigkeit sich bewegt, hat an sich und ohne andere Rücksicht die eben so allgemeine Folge, dass alle Orte, wo wir Gestirne erblicken, eigentlich nicht für die Zeit der Beobachtung sondern für eine um so viel frühere Zeit gelten, als das Licht eben brauchte, um von dem Gestirne zu uns zu gelangen. Diese Correction wegen des absoluten Lichtweges, oder, wie man dieselbe jetzt zu nennen pflegt, diese Lichtgleichung, kann ihrer Natur nach nur dort angebracht werden, wo man die Entfernung des Gestirnes kennt, also für den jetzigen Stand der Wissenschaft im Allgemeinen nur bei Planeten und Kometen; die Astronomen nannten diese Correction desshalb, und nennen sie grossentheils noch, obschon sehr unpassend, Aberration der Planeten, unpassend, denn es ist, wie gesagt, darunter weder eine der eigentlichen Aberration ähnliche Erscheinung zu verstehen, noch kommt sie, streng genommen, den Planeten allein zu. Diese Lichtgleichung combinirt sich mit der Aberration und Parallaxe auf mannigfaltige Weise, worauf wir hier nicht eingehen können, und uns begnügen müssen, die Sache im Allgemeinen angedeutet zu haben.

Betrachten wir zum Schlusse dieses Gegenstandes, indem wir unsern Blick auf die bereits zurückgelegte Bahn rückwärts wenden, einen Augenblick die Weise, auf welche, und die kleinen Mittel, durch welche die Entdeckungen, deren wir bereits erwähnt haben, gemacht worden sind. — Eine Linie, kaum so gross, als der zehnte Theil eines Zolls, um die nämlich das Sekundenpendel in Südamerika kürzer gefunden wurde, als in Paris, lehrte uns die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe, das Verhältniss der Centrifugalkraft derselben zu ihrer Schwere, die Verschiedenheit dieser Schwere auf der Oberfläche der Erde, und endlich die Gestalt und die Abplattung derselben an ihren Polen kennen, welche letztere selbst wieder so klein ist, dass sie nur den dreihundertsten Theil des Halbmessers beträgt. Dieses Pendel, das heisst, eine einfache, mit einem Gewichte versehene Schnur, gab uns ein Mass, die wahre Grösse der Schwere unserer Erde oder den Raum, den frei fallende Körper zurücklegen, mit einer Genauigkeit zu messen, die uns kaum über den hunderttausendsten Theil dieser Grösse ungewiss lässt, und lehrte uns zugleich die Wirkungen derselben Schwere auf den Mond, in einer Entfernung von 50000 Meilen von uns, mit einer noch grösseren Schärfe bestimmen. Andere Messungen, mit scheinbar noch viel geringeren Mitteln, mit dem schwächsten Spinnenfaden im Brennpunkte unserer Fernröhre, zeigten uns die Entfernung der Sonne von mehr als zwanzig Millionen Meilen sowohl, als auch die nicht minder erstaunenswürdige Grösse dieses Himmelskörpers, dessen Volumen eine und eine halbe Million grösser ist als das unserer Erde. Dieselben Spinnenfäden lehrten uns die ungeheuren Distanzen der Fixsterne

kennen, die wenigstens zweimalhunderttausendmal weiter, als die Sonne, von uns entfernt sind; sie lehrten uns die unbegreifliche Geschwindigkeit des Lichtes messen, und endlich in der Aberrations-Ellipse der Fixsterne, an dem Himmelsgewölbe, wie in einem verkleinernden Hohlspiegel, die grosse Bahn der Erde von nahe 130 Millionen Meilen im Umfange erkennen, von welchen jene kleine, mit unbewaffnetem Auge nicht einmal sichtbare Ellipse, als ein getreues Miniaturgemälde betrachtet werden kann.

Wohl mag es uns solchen Erfolgen gegenüber gegönnt sein, die Astronomie als einen Triumph des menschlichen Geistes, als einen Gegenstand des gerechten Stolzes des Menschen zu preisen, der mit den Augen der Milbe jenen belebten Bläschen zusieht, von denen Tausende einen Wassertropfen bewohnen, und die heerdenweise durch das Oehr einer Nadel ziehen, und der dann, wenn er von diesen Welten im Kleinen, die ihn in zahllosen Mengen nach allen Seiten umgeben, seinen Blick aufwärts, zu den grossen Welten über ihm erhebt, mit den Augen eines Cherubs sich in die ungemessenen Höhen des Himmels schwingt, und Räume durchwandert, vor deren Grösse selbst die kühnste Einbildungskraft erschrocken zurückbebt. Die Leser werden, wir hoffen es, auch in der Folge noch oft Gelegenheit haben, diese Bemerkung selbst zu bestätigen, da wir bisher nur wenige Schritte über den Eingang des erhabenen Tempels der Natur gemacht haben, und uns bei weitem der grösste Theil dessen, was sein Inneres birgt, noch völlig unbekannt ist.

Kapitel VII.

Jahreszeiten.

§. 79. (Vortheile der Abwechslung der Jahreszeiten.) Nachdem wir in dem Vorhergehenden die Existenz der Bewegung der Erde um die Sonne über allen Zweifel erhoben haben, wollen wir in dem gegenwärtigen Kapitel eine der wichtigsten Folgen dieser Bewegung, verbunden mit der täglichen Rotation der Erde um ihre Axe, näher betrachten.

Dieser Doppelbewegung der Erde verdanken wir unsere Tages- und Jahreszeiten, zwei der wohlthätigsten Geschenke des Himmels, ohne die unser Leben nicht den tausendsten Theil des Reizes hätte, der uns jetzt so innig an dasselbe kettet, dass selbst der Unglücklichste von uns es nur mit Schmerz und widerstrebendem Kampfe verlassen kann. Wie wir uns an jedem Morgen, nach einem erquickenden Schlafe, mit neuen Kräften der kommenden Sonne entgegen erheben, so giesst auch jeder wiederkommende Frühling neue, sanfte Wärme in unsere Adern, und erfüllt uns mit neuen Hoffnungen, indem er die ganze Natur aus ihrem starren Winterschlafe weckt und unsere Gärten und Fluren mit duftenden Blüthen schmückt. Wenn diese wohlthätigen Veränderungen auf der Oberfläche unserer Erde nicht existirten, wie würde es dann um die gesammte Vegetation, um das Leben der Pflanzen und Thiere, um

die Verschiedenheit der Erzeugnisse des Bodens und der Manufakturen, wie würde es um den Länder verbindenden Handel, um unsere geistige Kultur und um uns selbst stehen?

§. 80. (Wenn die Erde eine andere, oder gar keine Rotation um ihre Axe hätte.) Nehmen wir auf einen Augenblick an, dass die Erde sich so um die Sonne bewegte, wie der Mond um die Erde, der ihr immer dieselbe Seite zuwendet, während die andere ewig von ihr abgekehrt bleibt, der also in derselben Zeit, in welcher er um die Erde geht, sich auch zugleich um seine eigene Axe dreht. Dann würde also auch die eine Hälfte unserer Erde nie das Licht der Sonne schauen und immerdar in finsterer Nacht begraben liegen. Wenn der Welttheil, den wir bewohnen, wenn Europa dieser unglücklichen, von der Sonne stets abgewendeten Hemisphäre angehörte, wie ganz anders würde dann die Geschichte desselben, ja die des gesammten Menschengeschlechtes aussehen, wenn überhaupt noch zur ewigen Finsterniss verurtheilte Wesen — eine Geschichte ihrer Thaten und Erfindungen haben können.

Oder wenn die Erde zwar eine jährliche Bewegung um die Sonne, aber keine tägliche um ihre eigene Axe hätte? — Dann würden wohl alle Theile der Erde sich nach und nach der Sonne zuwenden, Tag und Nacht würden auf ihr wechseln, aber welch ein Tag und welche Nacht! — Jede dieser zwei Tagszeiten würde ein volles halbes Jahr währen und im Laufe des ganzen langen Sonnenjahres würde jeder Ort der Erde, gleich unseren gegenwärtigen Bewohnern der beiden Pole, sechs Monate die Sonne sehen und sechs andere in tiefer Nacht und in einer Alles erstarrenden Kälte vertrauern. Ohne Zweifel würde eine solche Einrichtung, so weit sie auch der vorhergehenden vorzuziehen sein mag, auf die Befriedigung der ersten Bedürfnisse und auf alle Bequemlichkeiten des Lebens, die uns jetzt so theuer und so unentbehrlich scheinen, den ungünstigsten Einfluss äussern, und so oft die arge, halbjährige Nacht mit ihren schwarzen Schwingen sich über dem Lande niederliesse, auf welche heillose Zeitvertreibe würden Manche von uns verfallen, bloss um sich vor der immer näher rückenden, tödtenden Langweile zu schützen!

In dieser Anordnung würde die Ebene der Erdbahn die Oberfläche der Erde immer in demjenigen Kreise schneiden, der jetzt auf unseren Erdgloben, eben so zweckwidrig als unnütz, durch die Ekliptik bezeichnet wird, und die Folge davon würde sein, dass alle die Orte der Erde, welche unter diesem Kreise liegen, die Sonne einmal im Jahre in ihrem Zenithe sehen und zwar sehr lange sehen würden, indem die Strahlen derselben für jeden Bewohner jener Orte, beinahe zwei volle Monate durch, immer nahe senkrecht auf seinen Scheitel fallen würden. Welche lange, drückende Mittagsstunden, deren Schwüle nur wieder mit der starren Kälte der eben so langen Stunden der Mitternacht in Vergleich gebracht werden könnten! Aber auch die übrigen Menschen, die zu beiden Seiten dieses unheilvollen Kreises wohnen, würden keine Ursache haben, sich aus diesem Grunde glücklicher zu preisen, da auch sie in der zu lange anhaltenden Hitze verschmachten oder in dem halbjährigen Froste erstarren müssten. Die kalte und ein grosser Theil der gemässigten Zone endlich würden, bei dieser Einrichtung, für Menschen und Thiere ganz unbewohnbar sein.

§. 81. (Wenn die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfiele.) Allen diesen Uebeln ist durch die einfache Einrichtung, dass die Erde in der kurzen Zeit eines Tages sich um ihre Axe dreht, wenigstens grösstentheils abgeholfen. Ich sage grösstentheils, denn wenn zu dieser Umdrehung nicht noch eine zweite Bedingung hinzu käme, so würde es um den schönen Wechsel unserer Jahreszeiten, den wir nun einmal weder entbehren wollen noch können, immer noch sehr misslich stehen. Man lasse die Erde sich täglich drehen, aber in derselben Ebene drehen, in welcher sie zugleich jährlich um die Sonne geht, oder mit andern Worten, man lasse die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfallen. Die unmittelbare Folge dieser neuen Einrichtung würde sein, dass überall auf der ganzen Erde und durch das ganze Jahr der Tag gleich lang mit jeder Nacht sein, dass ein immerwährender Frühling auf der Erde herrschen, und dass von einem Wechsel der Temperatur und der Jahreszeiten weiter keine Rede mehr sein würde. Ob wir aber bei diesem ewigen Frühling, den unsere Dichter wahrscheinlich nur desshalb so oft preisen, weil sie ihn nicht kennen, uns besser oder auch nur überhaupt noch erträglich befinden würden, möchte sehr zu bezweifeln sein. Die Gegenden unter dem Aequator würden wahrscheinlich unter der sengenden Hitze ihres Klima verdorren; die weiter von ihm entfernten Länder würden unter ewigem Eise begraben bleiben; ein verhältnissmässig nur sehr kleiner Theil der sogenannten temperirten Zone würde für uns noch bewohnbar sein, und auch hier würden die meisten unserer edlen Früchte nicht mehr zur Reife gelangen.

§. 82. (Schiefe Stellung der Erdaxe gegen die Ekliptik.) Und welches ist die zweite Bedingung, an die wir jene tägliche Rotation der Erde knüpfen müssen, wenn wir all' dem erzählten Ungemach entfliehen und uns des so wünschenswerthen Wechsels der Jahreszeiten auf unserer Erde in der That erfreuen wollen?

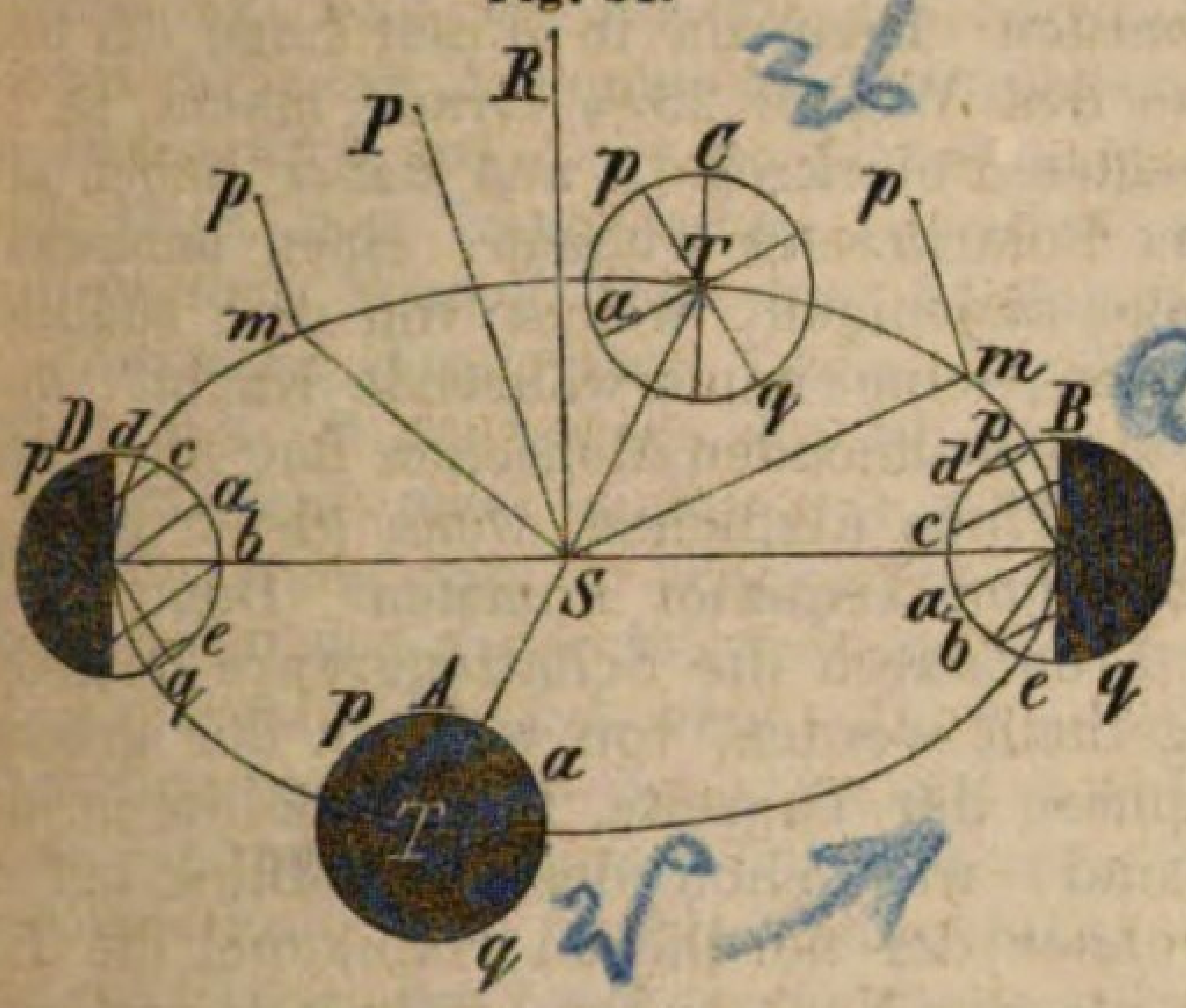
Die Natur hat diesen Zweck durch eine, wie es scheint, sehr geringfügige Einrichtung zu erreichen gewusst, indem sie nämlich der Axe, um welche sich die Erde dreht, und die wir in unserer letzten Hypothese senkrecht auf die Ebene der Erdbahn gestellt haben, eine schiefe Stellung gegen diese Ebene gegeben hat. Diese schiefe Stellung der Erdaxe gegen die Erdbahn ist die eigentliche Ursache der Jahreszeiten und die Quelle aller der reichen Segnungen, welche dadurch über uns und über unsere Erde ausgegossen werden. Wir wollen diesen wichtigen Umstand, wie er es verdient, sogleich etwas näher betrachten.

Man denke sich durch den Mittelpunkt S (Fig. 24) der Sonne eine fixe Linie SR, die auf der Ebene der Erdbahn oder der Ekliptik senkrecht steht und eine andere SP, welche mit jener den Winkel PSR gleich 23½ Grad, also denselben Winkel macht, unter welchem der Aequator gegen die Ekliptik geneigt ist. Die Erde bewege sich jährlich in dem Kreise $ABCD$ der Ekliptik um die Sonne, und drehe sich zugleich täglich um ihre Axe pq, welche letzte in allen Punkten der Erdbahn mit der zweiten der erwähnten fixen Linien, d. h. mit SP parallel bleiben soll, so dass also p den Nord- und q den Südpol der Erde vorstellt.

Diess vorausgesetzt, gibt es vorzüglich vier Lagen der Erde gegen die Sonne, die wir hier näher betrachten wollen, nämlich die Lagen A, B, C und D, wo die Erde zur Zeit des Anfangs des Frühlings, des

Sommers, des Herbstes und des Winters in unserer nördlichen Hemisphäre ist. In allen diesen Lagen wird nun zwar immer die Hälfte der Oberfläche der Erde von der Sonne beschienen, während die andere Hälfte im Schatten oder Dunkel bleibt, wie diess bei jeder von einem Lichte beleuchteten Kugel der Fall ist. Aber diese beiden Hälften, die lichte und die dunkle, sind in Beziehung auf die feste Erdaxe pq in jenen vier Lagen sehr verschieden vertheilt, oder die Lichtgrenze, das heisst der grösste Kreis, welcher jene beiden Hälften trennt, geht zuweilen gerade durch die beiden Pole p und q der Erde, zuweilen aber auch in beträchtlicher Entfernung rechts oder links von diesen Polen vorbei.

Fig. 24.



Die Ebene der Lichtgrenze steht nämlich immer senkrecht auf allen den Linien ST, ST .., welche den Mittelpunkt der Sonne mit dem der Erde verbinden. Die Linie pq aber, oder die Erdaxe macht mit jenen Linien einen spitzen Winkel, so lange die Erde in der Hälfte ABC ihrer Bahn ist und einen stumpfen Winkel in der anderen Hälfte CDA, während bloss in den zwei Punkten A und C, d. h. im Anfange des Frühlings und des Herbstes, dieser Winkel ebenfalls ein rechter ist. Dieser Winkel der Erdaxe mp mit der Entfernung mS der Erde von der Sonne oder der Winkel Smp ist nämlich gleich dem Winkel, unter dem man aus dem Mittelpunkte m der Erde die Entfernung der Sonne S von dem Nordpole p sehen würde, oder dieser Winkel Smp ist die Poldistanz (Einl. §. 13), und dieser Winkel ist am kleinsten oder gleich $90 - 23.5 = 66.5$ Grade, wenn die Erde in B ist. Von da wächst er, bis er in C gleich 90^0, und endlich in D gleich $90 + 23.5 = 113.5$ Grade wird, wo er zugleich den grössten Werth hat. Von dem Punkte D an nimmt jener Winkel wieder ab, bis er in A, gegenüber von C, ein rechter wird, und endlich in B, gegenüber von D, wieder seinen früheren kleinsten Werth von 66.5 Graden erreicht.

Denken wir uns noch auf der Oberfläche der Erde den Aequator durch a, der von beiden Polen gleich weit absteht, die beiden Wendekreise durch b und c (Einl. §. 24. *I.*), die von dem Aequator um den Bogen $ab = ac = 23\,^1/_2{}^0$ entfernt sind, und die beiden Polarkreise durch d und e, die von den beiden Polen p und q um denselben Bogen von $23\,^1/_2$ Graden abstehen.

§. 83. (Erklärung der vier Jahreszeiten.) Diess vorausgesetzt, betrachten wir zuerst die Erde, wenn sie in dem Punkte B ihrer Bahn steht, wo jener Winkel Smp am kleinsten oder gleich $66\,^1/_2$ Graden ist, und daher der Nordpol p am tiefsten in die beleuchtete, der Südpol q aber am weitesten in die dunkle Hälfte der Erde fällt. Wenn hier die Erde sich um ihre Axe dreht, so bleibt der Nordpol p immer in der beleuchteten, der Südpol q aber immer in der dunkeln Hemisphäre, oder jener sieht

die Sonne, die für ihn nicht untergeht, immer über seinem Horizonte, hat also immer Tag, während dieser, dem die Sonne nicht mehr aufgeht, immer Nacht hat. Dasselbe gilt auch von den Umgegenden der beiden Pole bis dorthin, wo diese Gegenden von den beiden Polarkreisen, durch *d* und *e* begrenzt werden. Denn da in dieser Lage der Erde die Lichtgrenze mit der Erdaxe den Winkel 23½ Grade macht, so berührt diese Lichtgrenze die beiden Polarkreise, und daher haben alle, welche innerhalb des nördlichen Polarkreises wohnen, einen immerwährenden Tag, und im Gegentheile diejenigen, welche von dem südlichen Polarkreise eingeschlossen werden, eine immerwährende Nacht. Auch auf die noch weiter von den Polen wohnenden Menschen hat diese Stellung der Erdaxe gegen die Sonne einen ähnlichen, wenn gleich geringeren Einfluss, je näher sie selbst dem Aequator kommen. Denn da die sämmtlichen Parallelkreise der Erde durch die Schattengrenze derselben hier in sehr ungleiche Theile getheilt werden, von welchen der grössere Theil in der nördlichen Hemisphäre der Tagseite, in der südlichen aber der Nachtseite angehört, so sind, wie schon der erste Blick auf die Zeichnung zeigt, für alle Bewohner der nördlichen Halbkugel die Tagbogen (Einl. §. 24. *II.*) länger als die Nachtbogen, während im Gegentheile für die südliche Halbkugel die Nächte länger als die Tage sind. Da endlich der Bogen *ac* und *ab*, so wie der Bogen *pd* und *qe*, jeder $23\frac{1}{2}^0$ beträgt, so sehen die Bewohner des nördlichen, durch *c* gehenden Wendekreises die Sonne zu Mittag in ihrem Zenithe oder senkrecht über ihrem Scheitel. Alle noch weiter gegen Nord liegende Orte sehen diese ihre grösste mittägige Höhe der Sonne immer kleiner als 90^0, bis sie endlich für den Bewohner des Pols *p* selbst den ganzen Tag in der Höhe von $23^0.5$ über dem Horizonte steht. Der Bewohner des nördlichen Polarkreises *d* sieht die Sonne um Mittag, wenn er in *d* ist, in der Höhe von 47^0, und um Mitternacht, wenn er durch die Rotation der Erde in die Schattengrenze *B* fällt, sieht er die Sonne an seinem Horizonte, während im Gegentheile der Bewohner des südlichen Polarkreises *e* die Sonne nur eben in seinem Mittage an der Nordgrenze seines Horizontes erblickt und gleichsam nur einen Augenblick Tag hat. Aus allem Vorhergehenden folgt, dass die Erde in diesem Orte *B* ihrer Bahn am 21. Junius ist, wenn in der nördlichen Hemisphäre der Sommer und in der südlichen der Winter anfängt. An diesem Tage würde ein Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne um 23.5 Grade über der Ebene des himmlischen Aequators oder in der nördlichen Declination von 23.5 Graden sehen.

Von allem das Gegentheil erfolgt ein halbes Jahr später, am 21. December, wo die Erde in dem entgegengesetzten Punkte *D* ihrer Bahn und wo der Nordpol *p*, derselbe, der früher zur Sonne hin geneigt war, jetzt um denselben Winkel von der Sonne weg gewendet ist.

Da auch hier wieder die Schattengrenze auf der Linie *Sb*, welche die Sonne mit der Erde verbindet, senkrecht steht, so ist nun der Nordpol *p* immer in der dunkeln und der Südpol *q* immer in der hellen Erdhälfte, oder die Sonne geht für jenen Punkt nicht mehr auf und für diesen nicht mehr unter. Die sämmtlichen Parallelkreise werden jetzt von der Schattengrenze ganz eben so ungleich, wie zuvor, getheilt, aber mit dem Unterschiede, dass jetzt in der nördlichen Hemisphäre die grösseren Theile im Schatten liegen, oder dass hier die Nächte länger

sind, als die Tage, während das Gegentheil in der südlichen Hälfte stattfindet. Jetzt sehen die Bewohner des südlichen Wendekreises *b* die Sonne in ihrem Zenithe, während sie für den Aequator *a* im Mittage um 23°.5 und für den nördlichen Parallelkreis *c* um 47° vom Zenithe entfernt ist, und endlich für den nördlichen Polarkreis *d* nur mehr im Mittage für einen Augenblick im südlichen Horizonte erscheint. An diesen Tagen wird ein Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne um 23.5 Grade unter dem himmlischen Aequator sehen, weil in der That die Erde um denselben Winkel über dem Aequator erhoben ist.

Zwischen diesen zwei Lagen der Erde, in *B* zu Anfang des Sommers und in *D* zu Anfang des Winters der nördlichen Halbkugel, gibt es mitten inne zwei andere, in *A* und *C*, wo die Erdaxe weder zur Sonne hin, noch von ihr weggekehrt, sondern wo sie nach der Seite gewendet ist und wo der Winkel *Smp*, der in *B* spitz und in *D* stumpf war, ein rechter Winkel wird. Da jetzt der obere und der untere Theil der Erdaxe gegen die fixe Axe *SR* der Ekliptik zu beiden Seiten derselben gleiche Entfernung haben, oder da jetzt diese Erdaxe auf der die Sonne und Erde verbindenden Linie eben so senkrecht steht, wie diess die Ebene der Lichtgrenze immer thut, so müssen auch die beiden Pole in diese Schattengrenze selbst fallen, und diese Schattengrenze wird daher alle Parallelkreise in zwei gleiche Theile theilen, oder endlich: Tag und Nacht wird auf der ganzen Erde dieselbe Länge von zwölf Stunden haben. Beide Pole sehen jetzt die Sonne den ganzen Tag in ihrem Horizonte, und die Bewohner des Aequators sehen sie um Mittag in ihrem Zenithe, daher auch ein Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne selbst in der Ebene des himmlischen Aequators erblicken würde. In diesen beiden Punkten ist die Erde im Anfange unseres Frühlings in *A* am 21. März und im Anfange unseres Herbstes in *C* am 23. September. In diesen beiden Punkten geht die Erde durch die Ebene des himmlischen Aequators, oder die beide Punkte verbindende gerade Linie ist der Durchschnitt des Aequators mit der Ekliptik, die auch die Aequinoctiallinie oder die Nachtgleichenlinie heisst, weil für die ganze Erde, wenn sie in diesen beiden Punkten steht, Tag und Nacht einander gleich sind (Einl. §. 22). Im Gegentheile heissen die Punkte *B* und *D*, wo in dem ersten die Sonne am höchsten über und in dem zweiten am tiefsten unter dem Aequator erscheint, die Solstitial- oder Wendepunkte, weil in ihnen die Sonne ihre grösste Entfernung vom Aequator am wenigsten ändert und gleichsam einige Tage stille zu stehen scheint, um sich dann wieder dem Aequator zuzuwenden.

Wir haben in dem Vorhergehenden nur die vier vorzüglichsten Punkte der Erdbahn näher betrachtet, wo der Winkel *Smp* entweder gleich 90 oder um 23.5 grösser oder kleiner als 90 ist, wo er also seinen mittlern, seinen grössten und seinen kleinsten Werth erreicht. Es ist aber klar, dass die Erde in den Zwischenzeiten von jenen vier Hauptpunkten allmählich alle Lagen erreicht, die zwischen den erwähnten Hauptstellungen liegen, und dass sonach jeder Ort der Erde durch alle Abstufungen seiner Jahreszeiten durchgeht.

§. 84. (Heisse, kalte und gemässigte Zone der Erde.) Durch die Wende- und Polarkreise wird die Oberfläche der Erde sehr angemessen in Theile geschieden, die sich vorzüglich durch die Temperatur, welche in ihnen

durch die Wirkung der Sonnenstrahlen hervorgebracht wird, wesentlich von einander unterscheiden.

Der Theil zu beiden Seiten des Aequators, der sich bis zu den beiden Wendekreisen erstreckt, heisst die heisse Zone; zwischen den Wende- und Polarkreisen liegen die beiden gemässigten Zonen; und die beiden übrigen Räume, die von den zwei Polarkreisen begrenzt werden und den Nord- und Südpol in ihrer Mitte haben, heissen die kalten Zonen. Die Breite der heissen Zone beträgt 47 Grade, und ihre Oberfläche hat nahe 3.7 Millionen Quadratmeilen. Jede gemässigte Zone hat zur Breite 43 Grade, und beide zusammen haben eine Oberfläche von 4.8 Millionen Quadratmeilen. Die Grenzen der kalten Zonen endlich sind von ihren Polen 23.5 Grade entfernt, und die Oberflächen beider betragen 0.8 Millionen Quadratmeilen. Da die Oberfläche der ganzen Erde nahe 9280000 Q.Meilen beträgt, so nimmt die heisse Zone 0.4, die beiden gemässigten 0.5 und die beiden kalten 0.1 der Fläche der Erde ein. Die Bewohner der heissen Zone sehen die Sonne am Mittage des Tages, wo die Declination der Sonne gleich der geographischen Breite ihres Parallelkreises ist, in ihrem Zenithe, und da sie auch die übrigen Tage des Jahres sich am Mittage nie beträchtlich von dem Zenithe entfernt, so fallen die Strahlen derselben nahe senkrecht auf die Fläche dieser Zone, daher die höhere Temperatur und die Benennung derselben. In dieser Zone sind die Tageslängen nie sehr von denen der Nächte verschieden, da selbst an den Grenzen dieser Zone, unter den Wendekreisen, der längste Tag, so wie die längste Nacht nur 13 Stunden 28 Minuten beträgt, während beide unter dem Aequator selbst durch das ganze Jahr einander immer gleich sind. Die Schatten aller senkrechten Gegenstände fallen im Jahre zweimal, zu Mittag, unter sie, und ausser diesen beiden Epochen durch einen Theil des Jahres nach Norden und durch den anderen Theil nach Süden, daher die Bewohner dieses Erdgürtels zweischattige heissen. Für sie liegen die beiden Pole in dem Horizonte, und die Parallelkreise stehen alle senkrecht über dem Horizonte, daher alle Gestirne ebenfalls in senkrechten Bogen auf und nieder gehen, und im Laufe jedes Tages alle Theile des Himmels sich über dem Horizonte erheben oder sichtbar sind.

In den beiden gemässigten Zonen erreicht die Sonne selbst im Mittage nie das Zenith des Beobachters, und bleibt von demselben um so weiter entfernt, je weiter der Beobachter selbst von dem Aequator absteht, und mit diesem Abstande wächst auch die Ungleichheit der Tage und Nächte, bis endlich an den äussersten Grenzen dieser Zonen, unter den Polarkreisen, der längste Tag, so wie die längste Nacht volle 24 Stunden beträgt. In diesen beiden Zonen sind die vier Jahreszeiten, die in dem heissen Erdgürtel bloss in einem durch eine periodische Regenzeit unterbrochenen Sommer bestehen, deutlich unterschieden, aber immer einander entgegengesetzt, so dass die nördliche Zone Frühling oder Sommer hat, wenn in der südlichen Herbst oder Winter ist.

Den Bewohnern dieser Zonen ist immer ein Theil des Himmels in der Nähe des ihnen entgegengesetzten Poles ganz verborgen oder unsichtbar, und die ihnen noch auf- und untergehenden Gestirne beschreiben alle gegen die Ebene des Horizonts schiefe Kreise. Der Schatten

aller senkrechten Gegenstände fällt in der nördlichen Zone immer nach Norden, und in der südlichen immer nach Süden.

In den kalten Zonen endlich geht die Sonne, wenn sie dem Aequator nahe oder gar auf der dieser Zone entgegengesetzten Seite des Aequators steht, nicht mehr auf, und eben so, wenn sie dem diese Zone begrenzenden Wendekreise nahe genug gekommen ist, nicht mehr unter. Dann sieht man sie so, wie überhaupt alle dort sichtbaren Gestirne, in ununterbrochenen Kreisen über den Horizont herumgehen, die sich immer weniger gegen diesen hin neigen, bis sie endlich für den Mittelpunkt dieser Zonen, für den Pol selbst, ganz mit dem Horizonte parallel werden. An der äussersten Grenze oder unter dem Polarkreise, dessen Breite 66°.5 ist, dauert der längste Tag im Sommer, so wie die längste Nacht im Winter volle 24 Stunden. Näher bei den Polen, unter der Breite von 67.3, 69.7, 72.4, 78.2 und 83.8 Graden, beträgt diese grösste Länge des Tages oder der Nacht in der angeführten Ordnung 1, 2, 3, 4 und 5 volle Monate, bis endlich unter den beiden Polen selbst die Sonne die eine Hälfte des Jahres über, und die andere unter dem Horizonte bleibt. Da für diese Zonen die Sonne sich nie hoch über den Horizont erhebt und daher die Strahlen derselben immer nur sehr schief auf die Oberfläche der Erde fallen, so erreicht auch die Temperatur dieser Gegenden keinen beträchtlichen Grad, und die dadurch erregte Kälte nimmt mit der Annäherung zu den beiden Polen schnell zu, bis sie endlich eine Intensität und Ausdauer erhält, die beinahe allem vegetabilischen und animalischen Leben feindlich entgegen tritt. Eür die wenigen Bewohner dieser mit ewigem Schnee bedeckten Gegenden erscheint der eine Pol immer nahe beim Zenithe, während ihnen die entgegengesetzte Hälfte des Himmels, in deren Mitte der andere Pol ist, immer unsichtbar bleibt. Die Schatten endlich, welche die von der Sonne beschienenen Körper werfen, gehen, wie die Sonne selbst, täglich durch alle Punkte des Horizontes um sie herum, daher auch die Bewohner dieser Gegenden umschattige genannt werden.

§. 85. (Klimate der Alten.) Die älteren Geographen haben die Oberfläche der Erde in mehrere, dem Aequator ebenfalls parallele Zonen getheilt, die sie Klimate nannten und so wählten, dass der längste Tag im Sommer, also auch die längste Nacht im Winter am Ende jeder Zone immer um eine halbe Stunde grösser ist, als im Anfange derselben. Die folgende Tafel gibt die geographische Breite des von dem Aequator entfernteren Endpunktes und die grösste Länge des Tages oder der Nacht in diesem Endpunkte für alle Klimate, welche zwischen dem Aequator und den beiden Polarkreisen liegen.

Klima.	Breite.	Längster Tag.	Klima.	Breite.	Längster Tag.
1	8°.6	12h.5	13	60°.0	18h.5
2	16.7	13.0	14	61.3	19.0
3	24.5	13.5	15	62.4	19.5
4	30.8	14.0	16	63.4	20.0
5	36.5	14.5	17	64.2	20.5
6	41.4	15.0	18	64.8	21.0
7	45.5	15.5	19	65.4	21.5
8	49.0	16.0	20	65.8	22.0
9	52.0	16.5	21	66.1	22.5
10	54.5	17.0	22	66.3	23.0
11	56.6	17.5	23	66.4	23.5
12	58.5	18.0	24	66.5	24.0

Wien z. B. hat die Breite 48°.2, liegt also im achten Klima, und sein längster Tag im Sommer, so wie seine längste Nacht im Winter beträgt $15_h.9$ oder 15 Stunden 54 Minuten, oder der längste Tag ist um $3^h\ 54^m$ länger als 12^h, und daher ist auch sein kürzester Tag im Winter um $3^h\ 54^m$ kürzer als 12^h oder gleich $8^h\ 6^m$. Die Stadt Archangel im Gegentheile, deren Breite 64°.5 beträgt, liegt im achtzehnten Klima, und ihr längster Tag ist $20^h.7$ oder $20^h\ 42^m$, also auch ihr kürzester Tag im Winter nur $3^h\ 18^m$. Für den Parallelkreis von 66°.4 endlich, dauert der längste Tag $23^h\ 30^m$, und daher auch der kürzeste Tag nur eine halbe Stunde. Das Vorhergehende setzt voraus, dass der Tag erst dann anfange und ende, wann der Mittelpunkt der Sonne durch den Horizont geht. Da aber das Tageslicht schon bei dem Aufgange des obersten Sonnenrandes anfängt, und da überdiess dieser Aufgang des obersten Randes durch die Wirkung der Refraction, von der wir weiter unten sprechen werden, etwas beschleunigt wird, so wird aus diesen beiden Ursachen für alle Punkte der Erde der Tag grösser sein, als er in der vorhergehenden Tafel angenommen wurde, und dieser Unterschied ist besonders in den höheren Breiten sehr merklich, wo er selbst über einige Stunden gehen kann.

§. 86. (Temperatur der verschiedenen Gegenden der Erde.) Uebrigens richtet sich die eigentliche Temperatur, oder was wir das physische Klima einer Gegend nennen, nicht immer nach dem Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen auf dieselbe auffallen oder nach der geographischen Breite der Gegend, sondern sie ist auch, und zwar oft in einem sehr hohen Grade durch die Höhe des Ortes über der Meeresfläche, durch die Umgebung desselben von Bergen, Waldungen, durch die Nähe des Meeres oder anderer grosser Wassermassen und endlich durch die Constitution des Bodens selbst bedingt. Auch ist es nicht sowohl die senkrechte Lage der auf eine Gegend fallenden Sonnenstrahlen, als vielmehr das längere Verweilen der Sonne in der Nähe des Zeniths, wodurch die Wärme besonders befördert wird. Der Aequator hat um die Mitte des März und September die Sonne im Zenith, aber da sich um diese Jahreszeit die Declination der Sonne sehr schnell ändert (in einem Tage beinahe um 23 Minuten), so entfernt sie sich schon in einigen Tagen wieder von dem Zenith. In der Mitte des Junius oder des Decembers hingegen, wo die Sonne den Bewohnern der Wendekreise in ihrem Scheitel erscheint, ändert sie ihre Declination sehr langsam (in einem Tage nur einige Sekunden), daher sie für diese Gegenden durch mehrere Wochen immer in der Nähe des Zeniths bleibt. Auch ist in der That die Temperatur dieser Gegenden beträchtlich höher, als die des Aequators. Ueberhaupt aber wird die Wärme der heissen Zone durch die beinahe immer gleich langen Nächte wieder abgekühlt, und diess ist die Ursache, warum manche Gegenden der höheren gemässigten Zonen zur Zeit ihres Sommers eine beträchtlich höhere Temperatur haben, als selbst die der heissen Zone, weil sich dort durch die längeren Tage und die dauernde Gegenwart der Sonne über dem Horizonte die Wärme bedeutend erhöht. So steigt in der nördlichen Breite von 60 Graden im Julius die Hitze oft bis über 30 Grade R. im Schatten; im siebenzigsten Breitengrade macht sie öfter das Pech der Schiffe flüssig, und selbst im achtzigsten Grade vermag sie noch den tief gefrorenen Boden aufzuthauen und die ihr anvertrauten Pflanzen durch eine unseren Treib-

häusern ähnliche, schnelle Vegetation zur Reife zu bringen. Allein weder die Richtung der Sonnenstrahlen, noch auch das Verweilen der Sonne in der Nähe des Zeniths kann, den Beobachtungen zu Folge, als die einzige Ursache der Temperatur einer Gegend angenommen werden, da oft Länder, wie Norddeutschland und Kamtschatka, in denselben Breitengraden liegen, und doch in ihrer mittleren Wärme ungemein verschieden sind. Ohne Zweifel haben hier die zum Theil bereits oben erwähnten lokalen Ursachen einen sehr thätigen Einfluss.

Schon Halley, Newton's Zeitgenosse, hat es versucht, die Erwärmung der verschiedenen Gegenden der Erde durch die Sonne darzustellen, wenn diese Erwärmung bloss als eine Funktion der verschiedenen Mittagshöhen der Sonne und ihres Verweilens über dem Horizonte betrachtet wird. Indem er auf diese Weise die Temperatur der Erde unter dem Aequator zur Zeit der Aequinoctien als 100 annahm, fand er die Temperaturen für andere Orte:

Für die Polhöhe.	Temperatur zur Zeit		
	der Nachtgleichen.	des längsten Tages.	des kürzesten Tages.
0°	100	91	91
10	98	101	79
20	94	108	66
30	86	113	50
40	76	115	34
50	64	115	19
60	50	116	5
70	34	117	0
80	17	123	0
90	0	12	0

Nach dieser Tafel verhielte sich die Temperatur des längsten Tags in der Breite von 80 zu der in der Breite von 40, wie 123 zu 115. Ebenso verhält sich unter der Breite von 40 Graden die Temperatur des längsten Tages zu der des kürzesten wie 115 zu 34. Die Sonnenwärme der längsten Tage wächst von dem Aequator gegen die Pole, wie auch bereits oben als der Erfahrung gemäss bemerkt worden ist. Lambert gab in seiner Photometrie eine andere, wohl genauere Tafel, die aber ebenso wenig mit den Beobachtungen übereinstimmt, da auch sie auf alle übrigen Ursachen, welche die Wärme eines Ortes bedingen, keine Rücksicht nimmt.

§. 87. (Schneegrenze und isothermische Linien.) Eine der vorzüglichsten dieser auf die Temperatur eines Ortes einwirkenden Bedingungen ist die Höhe desselben über der Meeresfläche. In den Tropenländern von Amerika hängt die Wärme der Orte fast gar nicht von der geographischen Breite, sondern bloss von ihrer Höhe ab, indem man z. B. von dem Rio Guayaquil bis auf den Gipfel des Chimborasso alle Klimate von der Tropenregion bis zur Polarzone durchwandern kann. Ueberhaupt befindet sich über jedem einzelnen Orte der Erde in der Atmosphäre ein Punkt, wo selbst in der Mitte des Sommers Eis und Schnee nicht mehr aufthauen, oder wo das Thermometer nicht über den Gefrierpunkt steigt.

Eine durch alle diese Punkte über der Erde gezogene Fläche heisst die Schneegrenze. Nach Humboldt ist die Höhe der Schneegrenze über der Oberfläche der Erde in der nördlichen Hemisphäre

in der Breite	0° . .	14800	Par. Fuss
„	23 . .	14200	„
„	30 . .	13500	„
„	35 . .	11100	„
„	40 . .	9860	„
„	45 . .	8500	„
„	62 . .	5142	„
„	66 . .	4014	„
„	70 . .	3400	„

Die Schneegrenze liegt also unter dem Aequator am höchsten und senkt sich von da gegen die Pole immer tiefer zur Erde, bis sie endlich unter den Polen selbst mit der Meeresfläche zusammenfällt. Auf der südlichen Hemisphäre, wo überhaupt die Kälte vorherrscht, liegt die Schneegrenze durchaus beträchtlich tiefer, als in der nördlichen.

Wenn man die im Laufe eines oder mehrerer Jahre täglich zu bestimmten Stunden beobachteten Thermometerstände addirt und ihre Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividirt, so erhält man die sogenannte mittlere Temperatur des Beobachtungsortes. Diese ist z. B. für Cumana 22°.3 R., Batavia 21°.5, Kairo 18.0, Neapel 14.4, Mailand 10.6, Paris 8.8, Wien 8.6, London 8.4, Berlin 6.7, Stockholm 4.8, Petersburg 2.5, Nordcap 0.1. Man findet diese mittlere Temperatur eines jeden andern Ortes beiläufig, wenn man die Zahl 13.7 mit dem Cosinus der doppelten Breite dieses Orts multiplicirt, und das Produkt zu 10.93 addirt.

Vergleicht man die mittleren Temperaturen mehrerer Orte mit ihren geographischen Breiten, so findet man beinahe keine Uebereinstimmung zwischen den beiden Zahlen. Zieht man aber auf einer Karte durch alle die Orte, welche dieselbe mittlere Temperatur haben, eine krumme Linie, so erhält man die sogenannten isothermischen Linien von 0°, 5°, 10°, 15°, und man findet, dass diese Linien in der heissen Zone dem Aequator nahe parallel laufen, aber dann mit den wachsenden Breiten immer unregelmässiger werden, doch so, dass sie sich alle am meisten gegen den Nordpol erheben, östlich in der Nähe des Meridians, der durch die Mitte von Deutschland geht, und westlich in einem durch die Westküste Amerika's gehenden Meridian, während sie wieder am meisten gegen den Aequator herabsteigen in den beiden Meridianen, die durch die Mitte von China und durch die Ostküste von Nordamerika gehen.

§. 88. (Erscheinungen für eine grössere oder kleinere Schiefe der Ekliptik.) Alle diese und noch viele andere Erscheinungen, die wir auf der Oberfläche der Erde bemerken, sind eine Folge der Jahreszeiten, und durch diese eine mittelbare Folge der oben erwähnten schiefen Stellung der Erdaxe gegen die Axe der Ekliptik. Würden diese beiden Axen zusammenfallen, also die Schiefe der Ekliptik (Einl. §. 22. *II.*), die jetzt nahe 23.5 Grade beträgt, gleich Null sein, so würde, wie schon erwähnt, die mittägige Höhe der Sonne für jeden Ort der Erde durch das ganze Jahr dieselbe, und für alle Orte der Erde würde der Tag immer gleich der Nacht sein. Wir haben bereits oben die Nachtheile einer solchen Stellung der Erd-

axe angegeben. Wäre aber der Winkel der Ekliptik mit dem Aequator grösser als jetzt, und z. B. gleich 45 Graden, so würde die heisse Zone von dem Aequator zu beiden Seiten desselben bis zu dem Parallelkreise von 45°, und die beiden kalten Zonen würden von 45° bis 90° oder bis zu den Polen gehen, und es würde, in der obigen Bedeutung des Wortes, keine gemässigte Zone mehr geben. Dieser Mangel würde ohne Zweifel einen sehr wichtigen Einfluss nicht bloss auf die Cultur unseres Bodens, sondern auch auf unsere geistige Bildung haben und unserer ganzen Menschengeschichte eine andere Gestalt geben. So lange die Erde besteht, ist weder in der heissen, noch in der kalten Zone irgend eine neue Wahrheit entdeckt, oder eine merkwürdige Erfindung in der Wissenschaft gemacht worden. Die beiden Extreme der Temperatur treten der körperlichen und geistigen Entwicklung des Menschen feindlich entgegen, und nur in dem gemässigten Erdstriche scheint die Natur mit einer Art von Vorliebe die edelsten und geistreichsten Menschen zu erzeugen.

Noch nachtheiliger endlich würde jene Einrichtung sein, in welcher die Erdaxe auf der Axe der Ekliptik, also auch der Aequator auf der Ebene der Erdbahn senkrecht stünde, oder wo die Schiefe der Ekliptik 90 Grade betrüge. Dann würden alle drei Zonen von dem Aequator bis zu den Polen gehen, oder jede derselben würde sich, unabhängig von den beiden übrigen, über die ganze Erde erstrecken. Bei dieser Lage der Ekliptik würde zur Zeit des Anfangs des Sommers der nördlichen Hemisphäre die Sonne senkrecht über dem Nordpol stehen, und diese Hälfte der Erde eine längere Zeit durch beleuchten, während die andere Nacht hat, indem die Lichtgrenze für diese Zeit mit dem Aequator zusammenfällt, und der Nordpol in der Mitte der heissen Zone liegt. Bald darauf würde sich diese Lichtgrenze, die den Aequator immer halbirt, auf der Ostseite gegen den Nordpol, auf der Westseite eben so viel gegen den Südpol ziehen, bis sie, nach drei Monaten, zur Zeit unseres Herbstes, senkrecht auf dem Aequator steht und durch beide Pole geht, wo daher Tag und Nacht auf der ganzen Erde einander gleich sind. Von da dreht sich die Lichtgrenze noch weiter in derselben Richtung, bis sie endlich, sechs Monate nach der ersten Epoche, wieder mit dem Aequator zusammenfällt, wo dann die südliche Hälfte der Erde gegen die Sonne gewendet, und die ganze nördliche von ihr abgekehrt ist, so dass jetzt der Südpol die Sonne im Zenith sieht, und der Nordpol seine lange Nacht hat oder in der Mitte der kalten Zone liegt. Von da dreht sich die Lichtgrenze auf der andern Seite des Aequators auf dieselbe Weise, bis sie nach weitern drei Monaten wieder senkrecht auf dem Aequator steht, wo wieder Tag und Nacht für die ganze Erde gleich wird, bis sie endlich am Ende des Jahres in dieselbe Lage zurückkommt, die sie im Anfange desselben hatte. Bei dieser Stellung der Erdaxe würde daher jeder Punkt der Erde, selbst die beiden Pole nicht ausgenommen, zweimal im Jahre die Sonne in seinem Zenithe sehen, und für jeden würde es eine Zeit des Jahres geben, wo ihm durch mehrere Tage die Sonne nicht auf- oder nicht untergeht, so dass also jede Gegend der Erde einen Theil des Jahres durch zu der heissen, und den andern Theil zu der kalten Zone gezählt werden müsste, eine Einrichtung, die auf die sämmtlichen Bewohner derselben wohl nicht anders als sehr nachtheilige Wirkungen äussern könnte.

Kapitel VIII.

Planetensysteme.

§. 89. (Aufzählung der Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems.) Zu den Körpern des Himmels, welche sich zunächst um uns in dem grossen Weltraume befinden, gehören nebst der Sonne nach unseren heutigen Kenntnissen etliche und achtzig Planeten mit zweiundzwanzig Monden, von welchen einer der Erde gehört, und eine sehr grosse Zahl von Kometen. Alle diese Himmelskörper bilden gleichsam eine Familie, zu der wir selbst gehören, und die wir daher vor allem näher kennen lernen sollen. Was jenseits des dieser Familie angewiesenen Raumes ist, steht in so weiter Entfernung von uns, dass es wohl immer ein beinahe unbekanntes Land bleiben wird.

Von den genannten, uns nähern Körpern sind es vorzüglich die Planeten, die unsere Aufmerksamkeit in hohem Grade erfordern. Sie zeichnen sich vor den übrigen Gestirnen durch ihre eigene sonderbare Bewegung, durch ihr matteres Licht, und viele derselben durch einen beträchtlichen Durchmesser ihrer kreisförmigen Gestalt aus, während die Fixsterne, auch in den besten Fernröhren, nur wie unmessbare Punkte erscheinen. Wir geben am Ende des Werkes eine vollständige Uebersicht dieser Himmelskörper; hier genügt es zu wissen, dass sie in Bezug auf die Sonne sich folgendermassen ordnen: Merkur, Venus, Erde mit dem Monde, Mars, die Kleinen Planeten oder Asteroiden, Jupiter mit vier, Saturn mit acht, Uranus ebenfalls mit acht, Neptun mit einem Satelliten.

Die Kenntniss dieser Anordnung kann nur ein Resultat der Beobachtungen sein, und nicht, wie wohl Manche in der alten und neuern Zeit versucht haben, *a priori* oder aus hyperphysischen Gründen, die hier so viel als keine Gründe sind, bestimmt werden. Sehen wir also, was uns die Beobachtungen über diese Stellung der Planeten gelehrt haben.

§. 90. (Mannigfaltige Bewegungen der Planeten.) Zuerst bemerken wir, dass die Planeten zwar auch, wie die Sonne und der Mond, eine eigene Bewegung unter den fixen Sternen von West gegen Ost haben, abgesehen von der täglichen, allen Himmelskörpern gemeinschaftlichen Bewegung, die, wie wir bereits wissen, nur scheinbar ist und ihren Grund in der täglichen Bewegung der Erde um ihre Axe hat. Allein diese Bewegung der Planeten ist keineswegs so regelmässig wie die der Sonne oder des Mondes, und sie ist nicht einmal immer, wenn gleich grösstentheils, nach Osten, sondern auch öfter nach Westen gerichtet; ja zuweilen scheinen diese Körper sogar gänzlich stille zu stehen, und ihren Ort am Himmel durch längere Zeit gar nicht zu ändern.

Diese Abwechslungen ihrer Bewegungen sind offenbar in regelmässige Perioden eingeschlossen, die, wie man bald bemerkt, von dem Stande dieser Körper gegen die Sonne oder von dem Winkel abhängen, welchen die Gesichtslinien von unserm Auge nach der Sonne und nach den Planeten unter sich bilden. Die nach Ost gerichtete Bewegung nennt man direct oder rechtläufig, die nach West gekehrte retrograd

oder rückläufig, und wenn der Planet seinen Ort am Himmel einige Zeit durch nicht verändert, heisst er stationär oder stillstehend.

Die Erscheinungen, von denen hier die Rede ist, sind wohl im Allgemeinen für alle Planeten dieselben, aber die beiden erstgenannten, Merkur und Venus, zeigen doch mehrere Eigenheiten, welche bei den übrigen nicht angetroffen werden, daher wir beide Klassen von Planeten gesondert betrachten wollen.

§. 91. (Bewegung der Unteren Planeten.) Jene zwei, die man auch die unteren Planeten heisst, entfernen sich nie weit von der Sonne, so dass sie gleichsam als Begleiter derselben anzusehen sind, während alle übrigen sich scheinbar in alle Entfernungen von ihr wagen, und sich auch oft an der der Sonne gegenüberstehenden Gegend des Himmels zeigen. Wenn die Unteren Planeten für uns der Sonne am nächsten stehen, und ihre Scheibe, wie der Mond im Volllichte, ganz beleuchtet und zugleich am kleinsten erscheint, so ist ihre directe Bewegung am schnellsten, oder sie entfernen sich am geschwindesten von der Sonne gegen Ost. Wenn auf diese Weise Merkur nahe 23 Grade östlich von der Sonne sich entfernt hat, kommt er wieder zu ihr zurück, obschon seine Bewegung, in Beziehung auf die Fixsterne, noch immer direct, aber auch schon sehr langsam geworden ist. Wenn er auf diesem Gange zur Sonne etwa 18 Grade von ihr absteht, verschwindet seine Bewegung gänzlich und er wird stationär. Bald darauf nimmt er eine retrograde Bewegung an, die immer geschwinder wird, und mit welcher er sich der Sonne noch mehr nähert, bis er sie endlich erreicht und, da er jetzt in ihren Strahlen schwimmt, für uns ganz unsichtbar wird. Während dieser ganzen Periode hat seine scheinbare Grösse immer zugenommen, aber von seiner Scheibe ist nach und nach immer ein kleinerer Theil auf der westlichen oder der Sonne zugekehrten Seite beleuchtet, wie wir diess bei dem abnehmenden Monde bemerken, bis endlich diese lichte Scheibe am Ende dieser Periode, wie der Mond im Neulichte, gänzlich verschwindet. Wenn Merkur so zum zweiten Male in die Nähe der Sonne gekommen ist, so ist seine retrograde Bewegung am schnellsten. Bald darauf entfernt er sich mit einer immer schwächer werdenden Geschwindigkeit auf der Westseite von der Sonne, bis er, in der westlichen Entfernung von 18°, wieder eine Zeit durch still steht. Wenn er dann mit einer allmählich schneller werdenden directen Bewegung sich bis 23° von der Sonne entfernt hat, fängt er an, sich ihr zu nähern, und kommt endlich, wenn seine directe Bewegung am grössten ist, wieder bei ihr, das heisst, wieder in dem Punkte an, von welchem er im Anfange der ersten Periode ausgegangen ist, um fortan dieselben Erscheinungen in der aufgezählten Ordnung zu wiederholen. Während dieser zweiten Periode hat seine scheinbare Grösse immer abgenommen, aber seine östliche d. h. seine der Sonne zugewendete Seite wurde, wie der zunehmende Mond, immer mehr und mehr beleuchtet, während die westliche Seite dunkel blieb, bis sie endlich am Ende der zweiten Periode, wie der Mond im Volllichte, gänzlich beleuchtet ist. Die Dauer jeder dieser zwei Perioden ist nahe 58 Tage, also die Zeit, welche den ganzen Wechsel dieser Erscheinungen umfasst, 116 Tage; die Zeit aber, während welcher Merkur eine retrograde Bewegung hat, beträgt 17½ Tage, und der Bogen, den er während dieser rückläufigen Bewegung beschreibt, ist nahe 12½ Grad. — Ganz ähnliche Erscheinungen bietet auch der

zweite Untere Planet, Venus, nur sind die so eben für Merkur angeführten Zahlen bei diesem Planeten durchaus grösser. Seine grösste Ausweichung von der Sonne beträgt 46½ Grade, während die Ausweichung zur Zeit ihres östlichen und westlichen Stillstandes 28 Grade hat. Die Zeit einer jeden ihrer zwei Perioden beträgt 291, also die des ganzen Wechsels der Erscheinungen 582 Tage, und die Zeit ihres Rückgangs 41 Tage, so wie auch der Bogen ihres Rückgangs nahe 16 Grade umfasst. Beide Planeten endlich stehen während der Zeit ihrer ersten Periode östlich von der Sonne, gehen also, als Abendsterne, nach der Sonne auf und unter, während sie in der zweiten Periode der Sonne westlich stehen, oder als Morgensterne vor ihr auf- und untergehen.

§. 92. (Bewegungen der Oberen Planeten.) Anders sind diese Erscheinungen bei den sogenannten Oberen Planeten. — Mars z. B. hat zwar, so wie jene, seine grösste östliche Bewegung, und zugleich seinen kleinsten Durchmesser zu der Zeit, wo er uns ganz nahe bei der Sonne erscheint. Aber diese Geschwindigkeit nimmt mit der östlichen Entfernung von der Sonne immer ab, und verschwindet endlich in der Entfernung von 137 Graden, wo er unter den Fixsternen eine kurze Zeit stille zu stehen scheint, und bald darauf mit einer immer schneller werdenden retrograden Geschwindigkeit sich noch weiter von der Sonne entfernt. Wenn er der Sonne gerade gegenüber kommt oder um Mitternacht durch den Meridian geht, ist seine retrograde Bewegung, so wie auch sein scheinbarer Durchmesser am grössten. Von diesem Punkte nimmt seine Geschwindigkeit allmählich ab, bis sie, in der Entfernung von 137° auf der Westseite der Sonne wieder verschwindet, und der Planet daher wieder stationär wird. Bald darauf nimmt er seine östliche oder directe Bewegung wieder an, und nähert sich mit einer immer grössern Geschwindigkeit der Sonne, die er endlich mit seiner grössten directen Bewegung und mit seinem kleinsten scheinbaren Durchmesser erreicht, um von ihr aus wieder eine neue Periode derselben Erscheinungen zu beginnen. Die Dauer und Grösse dieser Phänomene für einige der Obern Planeten enthält die folgende kleine Tafel:

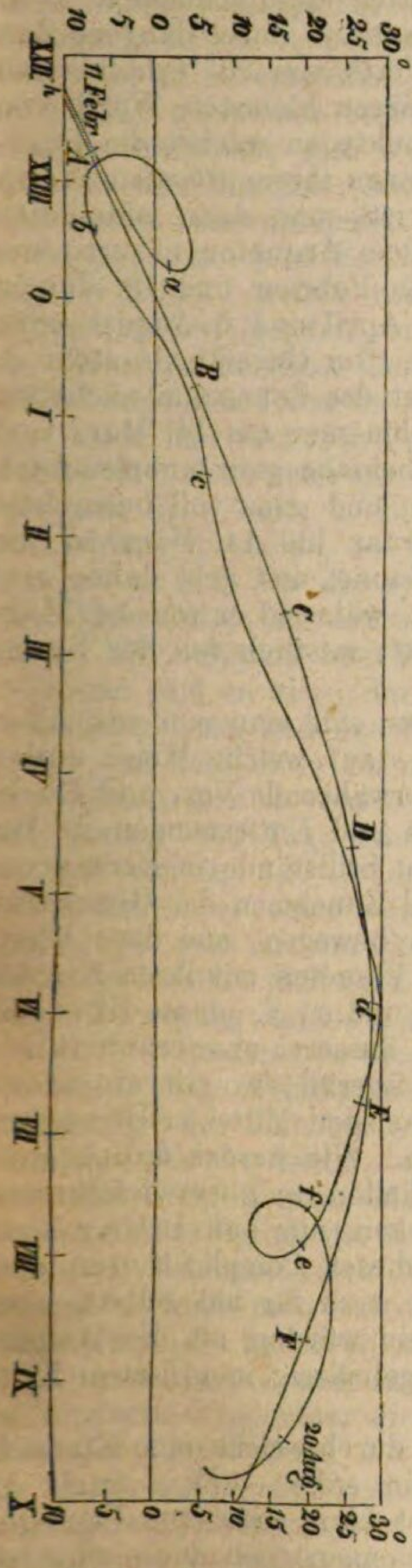
	Dauer der ganzen Periode.	Ausweichung von der Sonne beim Stillstand.	Bogen des Rückgangs.	Dauer des Rückgangs.
Mars . .	779.9 Tage	137°	14°	70 Tage
Jupiter	398.8	117	10	119
Saturn .	378.0	108	7	136
Uranus	367.5	102	4	150

Uebrigens sind diese Zahlen nur die mittleren von denjenigen, die man in der That beobachtet, und diese letzten sind oft nicht unbeträchtlich von jenen verschieden. So verändert sich die Ausweichung des Mars bei seinem Stillstande von 129 bis 147 Graden, und die Dauer seines Rückgangs von 60 bis 80 Tagen, und ähnliche Variationen hat man auch bei allen übrigen Planeten bemerkt.

Bisher haben wir aber nur die Bewegung der Planeten in ihrer Länge betrachtet, und sie ist, wie man sieht, bereits nicht wenig verwickelt. Allein noch viel verwickelter wird sie, wenn man, wie man soll, zugleich auch auf die Veränderungen ihrer Breite Rücksicht nimmt.

§. 93. (Graphische Darstellung dieser Bewegungen.) Um diess sogleich durch ein Beispiel zu zeigen, so enthält die kleine Karte (Fig. 25) für die Monate Februar bis September des Jahres 1835 den Lauf der Sonne sowohl, als auch den des Merkur, wie er von der Erde in Beziehung auf den Aequator erscheint. Die gerade Linie 00 stellt den Aequator vor, unter welchem die Rectascensionen in Stunden *I. II. III.* u. s. w. angezeigt sind, deren jede 15 Grade enthält, und senkrecht darauf stehen die in Grade getheilten Declinationskreise. Der Lauf der Sonne ist durch die einfache krumme Linie *ABC* .. *F*, und der des Merkur durch *abc* .. *f* vorgestellt, so dass die Zeichen *A* und *a* den Ort der Sonne und des Merkur für den 1. März, *B* und *b* für den 1. April, *C* und *c* für den 1. Mai ... und *F* und *f* für den 1. August des Jahres 1835 angeben. So ist z. B. für die Punkte *C* und *c* oder für den 1. Mai die Rectascension der Sonne $2^h\ 30^m$ und die des Merkur $1^h\ 25^m$; die nördliche Declination der Sonne aber 15^0 und die von Merkur 6^0. Schon der erste Blick auf diese Karte zeigt die grosse Unregelmässigkeit des Laufes des Planeten, während die Bahn der Sonne als ein einfacher grösster Kreis des Himmels erscheint. Im Allgemeinen geht zwar auch Merkur von West gegen Ost, indem er die in derselben Richtung fortschreitende Sonne bald in geringer, bald in grösserer Entfernung begleitet, aber diese directe Bewegung des Planeten wird selbst in dieser kurzen Zeit mehr als einmal unterbrochen. So erscheint er in Rectascension stationär am 1. März oder in dem Punkte *a*, wo die Richtung seines Laufes senkrecht auf dem Aequator ist, und dasselbe ist der Fall am 24. März, am 4. Julius und am 29. Julius, und seine Bewegung ist daher retrograd vom 1. bis 25. März durch einen Bogen von 11.5 Grad, und vom 4. bis 28. Juli durch einen Bogen von 11.0 Grad. Nicht geringeren Veränderungen ist auch die Declination dieses Planeten unterworfen. Im Anfange des Jahrs 1835 war seine südliche Declination am grössten, und nimmt von da ab, bis Merkur am 26. Februar durch den Aequator geht. Dann wächst die nördliche Declination, aber nur bis zu einem Grad am 4. März, wo sie stationär ist, weil dann der Lauf des Planeten eine gegen den Aequator parallele Lage annimmt.

Fig. 25.



Bald darauf nimmt diese ohnehin nur kleine nördliche Declination wieder ab, bis Merkur am 10. März zum zweiten Male durch den Aequator geht, und seine südliche Declination bis zum 29. März wächst, wo sie wieder am grössten und stationär ist. Darauf nähert er sich wieder dem Aequator, den er am 21. April zum dritten Male schneidet. Von diesem Punkte an wächst die nördliche Declination durch längere Zeit bis zum 4. Junius, wo sie ihren grössten Werth von 26° erhält, und von da wieder abnimmt, bis sie am 14. Juli ihren kleinsten Werth von 16° hat, und stationär wird. Von diesem Punkte an wächst die Declination wieder, bis sie am 8. August neuerdings ihren grössten Werth von 20° erhält, einige Zeit durch stationär ist, und dann allmählich wieder kleiner wird, indem der Planet sich dem Aequator nähert, um ihn am 14. September zu erreichen. Am 22. Februar und 19. Junius hat Merkur seine grösste östliche, und am 7. April und 5. August seine grösste westliche Ausweichung von der Sonne. Im Gegentheile steht er am 14. März, 17. Mai, 16. Juli und 29. August der Sonne am nächsten, doch mit dem Unterschiede, dass sein Durchmesser am 14. März und 16. Julius am grössten, aber seine Scheibe beinahe ganz unbeleuchtet, am 17. Mai und 29. August aber am kleinsten und ganz voll beleuchtet erscheint. Auch steht Merkur vom 11. Februar bis 14. März so wie vom 17. Mai bis 16. Julius östlich von der Sonne, und geht daher erst in den Nachmittagsstunden durch den Meridian, während er vom 14. März bis 17. Mai, und vom 16. Julius bis 29. August westlich von der Sonne steht, und in den Morgenstunden culminirt.

§. 94. (Diese Bewegungen sind nur scheinbar.) Was soll man nun von allen diesen Sonderbarkeiten denken, und dann — auf welche Weise sollen wir sie uns erklären? Denn dass dieses immerwährende Vor- und Rückwärtsgehen, diese abwechselnden Näherungen und Entfernungen in Beziehung auf den Aequator, diese auffallenden Stillstände in Rectascension und Declination, dieses häufige Ab- und Zunehmen der Geschwindigkeit, mit welcher sich jene Himmelskörper bewegen, und dass überhaupt diese höchst unregelmässige Bahn des Planeten mit ihren Knoten und Schlingen zwischen den Punkten a, b und e, f, dass diess die wahre Bahn des Planeten sein soll, ist doch äusserst unwahrscheinlich, wenn wir bedenken, dass die Natur beinahe überall, wo wir sie näher kennen zu lernen Gelegenheit haben, die einfachsten Mittel in Bewegung zu setzen pflegt, um ihre Zwecke zu erreichen. Wir werden daher wohl annehmen müssen, dass die Unregelmässigkeiten und Verwicklungen, welche wir bei dem Laufe der Planeten bemerken, nur scheinbar sind, und dass sie sich nur für uns mit allen diesen Complicationen darstellen, während sie vielleicht für Andere oder auch für uns selbst, aber unter andern Verhältnissen, ebenso einfach sein würden, als die Bahnen der Sonne und des Mondes, die beide sehr regelmässig in grössten Kreisen am Himmel einhergehen.

Aber welcher Art sind die Verhältnisse, durch welche jene Einfachheit der Bewegung der Planeten bedingt sein soll? — Was auch die Antwort auf diese Frage sein mag, so viel ist klar, dass jene Unregelmässigkeiten, so verwickelt sie uns auch erscheinen, sich doch offenbar nach dem Stande der Sonne, oder, was hier dasselbe ist, nach der Stellung richten, welche die Erde, die immer der Sonne gegenübersteht, im Himmelsraume eben einnimmt. Es wird nicht unangemessen sein, diess

etwas genauer zu untersuchen, da wir vielleicht eben dadurch der wahren Erklärung jener Erscheinungen näher kommen werden.

§. 95. (Periode dieser Bewegungen, und synodische Revolution der Planeten.) Die auffallendsten jener Unregelmässigkeiten, die Schlingen der Bahn, wo der Planet einen Rücksprung macht, um seinen eigenen Weg zu durchschneiden, haben immer in der Nähe seines Stillstandes und um die Zeit Statt, wo er entweder bei der Sonne, oder, für die oberen Planeten, ihr gerade gegenüber steht, und wo der Durchmesser desselben am grössten erscheint, also wohl der Planet selbst uns am nächsten ist. Die Orte des Himmels, wo diese Stillstände und Schlingen statthaben, ändern sich zwar mit jedem Jahre, aber die Stellung des Planeten gegen die Sonne, wenn jene Erscheinungen stattfinden, bleibt immer dieselbe, und die Zeiten, welche von einer Zurückkunft des Planeten zur Sonne bis zur nächstfolgenden verfliessen, sind im Allgemeinen immer dieselben. Man nennt diese Zeiten die synodischen Umläufe oder die Revolutionen der Planeten in Beziehung auf die Sonne. Es fehlt allerdings auch hier nicht an Ungleichheiten, wie auch bereits oben bemerkt worden ist, aber wenn man die sogenannte mittlere Grösse dieser Umläufe aus sehr weit, z. B. aus Jahrhunderte von einander entfernten Beobachtungen sucht, so findet man sie immer von gleicher Grösse. Man hat so z. B. für die synodische Revolution von Merkur 116, Venus 584, Mars 780, den Asteroiden etwa 480, Jupiter 399, Saturn 378, Uranus 370, Neptun 368 Tage. Diese Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne sind es also, durch welche jene Erscheinungen des Vor- und Rückwärtsgehens, und des Stillstandes der Planeten gleichsam regulirt werden, so dass diese Phänomene alle in derselben Ordnung, während einer synodischen Revolution, periodisch wiederkehren. So kommt Jupiter immer 142 Tage nach seiner Conjunction (§. 73) mit der Sonne, wenn er von ihr 117 Grade entfernt ist, zu seinem ersten Stillstande, nach welchem er seine rückgängige Bewegung anfängt, die 119 Tage dauert, so dass er am Ende von 261 Tagen nach seiner Conjunction in seinen zweiten Stillstand tritt, nach welchem er wieder seine rechtläufige Bewegung anfängt, und ähnlich bei allen anderen Planeten.

§. 96. (Durchgang der Planeten durch die Ebene der Ekliptik.) Noch auffallender zeigt sich diese Abhängigkeit jener Anomalieen von der Sonne bei dem Durchgange der Planeten durch die Ekliptik oder durch die Ebene der Erdbahn. Es ist leicht, den Augenblick zu finden, wann der Planet durch die Ekliptik geht. Man darf nur zu der Zeit, wo er sich in ihrer Nähe aufhält, täglich die Rectascension und Declination desselben beobachten, und daraus durch Rechnung die Länge und Breite der Planeten ableiten. Findet man auf diese Weise zwei Tage, an deren erstem der Planet nördlich, an deren zweiten er südlich von der Ekliptik stand, so erhält man daraus und aus der täglichen Aenderung der Breite durch eine einfache Proportion die Zeit, wann diese Breite verschwindet, oder wann der Planet durch die Ekliptik geht (Einl. §. 22. *II.*). Vergleicht man nun wieder, um andere kleinere Ungleichheiten des Planetenlaufs zu umgehen, Jahrhunderte weit von einander entfernte Zeiten solcher Durchgänge, so findet man für je zwei nächste Durchgänge des Planeten immer denselben mittlern Werth, oder mit andern Worten: die Zeit von einem Durchgange des Planeten durch die Ekliptik bis zu dem nächstfolgenden ist im Allgemeinen immer dieselbe, der Planet mag bei

diesen Durchgängen eine directe oder eine retrograde, eine grosse oder eine kleine Geschwindigkeit haben. Da nun der Mittelpunkt der Sonne ebenfalls in der Ekliptik liegt, wie jener der Erde, so wird auch ein Beobachter in der Sonne den Planeten in demselben Augenblicke, wo wir ihn durch die Ebene der Ekliptik gehen sehen, in derselben Ebene erblicken, daher auch für jenen die Intervalle dieser Durchgangszeiten einander gleich sein werden. Diese auffallende Regelmässigkeit der Bewegung der Planeten, wenn sie von der Sonne aus in dem Punkte, wo sie durch die Ekliptik gehen, betrachtet werden, muss auf die Vermuthung führen, dass vielleicht auch noch mehrere andere der oben angeführten Anomalien verschwinden würden, wenn wir die Planeten in allen ihren Punkten von der Sonne aus beobachten könnten; dass also wohl die Sonne, und nicht die Erde, die eigentliche Stelle sein möge, aus welcher wir dieses Schauspiel betrachten sollten, um es in seiner ganzen Schönheit und Einfachheit zu übersehen, und dass endlich alle jene Sonderbarkeiten nur scheinbar seien, und ihren Grund wohl darin haben können, dass wir sie von einem Standpunkte, der sich selbst um die Sonne bewegt, also von einem in jedem Augenblicke veränderten Standpunkte betrachten.

So richtig dieser Schluss auch sein mag, und so sicher er (wie uns Alles, was wir bisher über die Bewegung der Erde bereits kennen gelernt haben, vermuthen lässt) zu einer glücklichen Auflösung des grossen Problemes zu führen scheint — unsern Vorgängern war dieser Weg verschlossen, und die Aufgabe musste, so viel Scharfsinn sie auch darauf verwendeten, für sie unauflösbar bleiben.

§. 97. (Siderische Umlaufszeiten der Planeten.) Die Bemerkung, dass die Zwischenzeiten der Zurückkunft der Planeten zur Ekliptik, von dem Mittelpunkte der Sonne gesehen, immer dieselben, oder dass sie constant sind, liess uns vermuthen, dass wohl diese Sonne selbst der wahre Mittelpunkt der Bewegung jener Planeten sein könne. Gehen wir noch einen Schritt weiter, und nehmen wir an, dass, aus diesem Mittelpunkte der Sonne gesehen, auch alle übrigen so sonderbaren und verwickelten Bewegungen eben so einfach erscheinen mögen, wie uns die Bewegung der Sonne und des Mondes erscheint. Diese beiden Gestirne gehen nämlich für uns in einem grössten Kreise des Himmels um den Mittelpunkt der Erde, und diess aus der Ursache, weil diejenigen Ebenen, in welchen ihre kreisförmigen Bahnen liegen, selbst durch den Mittelpunkt der Erde gehen. Sollen also die Planeten um die Sonne eben so einfache grösste Kreise am Himmel beschreiben, so müssen ihre Bahnen ebenfalls in Ebenen liegen, die durch den Mittelpunkt der Sonne gehen. Diese Ebenen können aber der Ebene der Ekliptik nicht parallel sein, weil wir sonst, selbst von der Erde aus, die immer in der Ekliptik bleibt, die Planeten nie über oder unter derselben sehen könnten. Diese durch den Mittelpunkt der Sonne gehenden Ebenen der Planetenbahnen werden also die Ebene der Ekliptik irgendwo in einer geraden Linie schneiden, und diese Linie wird selbst wieder durch den Mittelpunkt der Sonne gehen. Wir wollen diesen Durchschnitt beider Ebenen die Knotenlinie der Planetenbahn nennen. Verlängert man sie zu beiden Seiten, bis sie die Sphäre des Himmels in zwei Punkten trifft, so können diese zwei Punkte die Knoten der Planetenbahn heissen, und zwar der eine der aufsteigende, von dem sich der Planet, wenn

er in jene Durchschnittslinie kommt, über die Ekliptik oder gen Norden erhebt, während der andere, entgegengesetzte, von dem er unter die Ekliptik oder gegen Süden geht, der niedersteigende Knoten heisst. Man pflegt diesen durch ☋ und jenen durch ☊ zu bezeichnen, und die Lage dieser Punkte durch ihre Abstände vom Frühlingspunkte also in Längen anzugeben.

Ist die Voraussetzung, dass die Bahnen aller Planeten ebene Curven sind, und dass die Ebenen, in welchen sie liegen, alle durch den Mittelpunkt der Sonne gehen, richtig — und wir werden sie weiter unten vollkommen bestätigt finden — so wird auch jene Zwischenzeit zwischen den zwei nächsten Durchgängen des Planeten durch denselben Knoten von der Sonne, oder was, wie wir bereits wissen, dasselbe ist, von der Erde gesehen, die Zeit des Umlaufs des Planeten um die Sonne, oder wie man sich auch auszudrücken pflegt, jene Zwischenzeiten werden die siderischen Revolutionen des Planeten sein, weil nämlich in dieser Zeit der Planet in seiner Bahn volle 360 Grade um die Sonne beschrieben haben, und am Ende dieser Zeit, von der Sonne aus gesehen, wieder bei demselben Knoten, oder, was dasselbe ist, bei demselben Fixsterne *(sidus)* erscheinen wird, bei welchem er am Anfange derselben gesehen wurde, vorausgesetzt, dass dieser Knoten selbst, während jener Zwischenzeit, seinen Ort am Himmel nicht verändert hat, was, den Beobachtungen zu Folge, wenigstens sehr nahe der Fall ist. Diese siderischen Revolutionen werden daher von den oben (§. 95) angeführten synodischen Umlaufszeiten verschieden sein, da die letzten die Zeiten der Zurückkunft des Planeten zur Sonne, also zu einem selbst wieder beweglichen Punkte, jene aber die Wiederkehr zu einem Fixsterne, d. h. zu einem festen Punkte des Himmels bezeichnen.

Diess gibt daher ein sehr einfaches Mittel, die siderischen Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne zu bestimmen, da die Beobachtungen ihres Durchgangs durch die Ekliptik, wie wir oben gesehen haben, keinen weiteren Schwierigkeiten unterliegen. Da aber, wenn diese Zeiten bekannt sind, durch Hülfe des oben (§. 58) angeführten Gesetzes von Kepler auch sofort die Verhältnisse der mittleren Distanzen der Planeten von der Sonne oder die Halbmesser ihrer kreisförmigen Bahnen gegeben sind, so kennt man damit auch diese. Die Tafel am Ende des Werkes gibt jene siderischen Revolutionen und diese mittleren Distanzen. Man findet da z. B. unter diesen Distanzen die mittlere Distanz der Erde von der Sonne als Einheit angenommen.

	Siderische Revolutionen.	Mittlere Distanzen.
Merkur	88 Tage . . .	0.387
Venus	225 . . .	0.723
Erde	365 . . .	1.000
Mars	687 . . .	1.524
Asteroiden beiläufig .	1620 . . .	2.7 . .
Jupiter	4333 . . .	5.203
Saturn	10759 . . .	9.539
Uranus	30687 . . .	19.182
Neptun	60117 . . .	30.034

Da, wie bereits §. 65 gesagt wurde, diese mittlere Distanz 20682000 Meilen beträgt, so wird man die Zahlen der zweiten Columne dieser

Tafel durch 20682000 multipliciren, um die Halbmesser der übrigen Planetenbahnen in Meilen ausgedrückt zu erhalten.

§. 98. (Grundsätze der Planetentheorie bei den älteren Astronomen.) Nach dieser Digression gehen wir nun wieder zu den Erklärungen der alten Astronomen zurück. Sie gingen von dem sonderbaren Grundsatze aus, dass die Erde in der Mitte des Weltraums unbeweglich ruhe, weil diess dem äusseren Scheine gemäss, und weil die Erde, nach ihrer Meinung, der wichtigste Körper des Himmels sei, dem es daher nicht angemessen wäre, sich um die andern, die nur ihretwegen da sind, zu bewegen. Mit diesem Princip verbanden sie ein zweites von nicht grösserem Werthe, dass nämlich alle Bewegungen der Himmelskörper in Kreisen vor sich gehen müssen, aus Ursache, weil der Kreis die vollkommenste aller krummen Linien und daher allein dem grossen Urheber der Natur angemessen sei. Diese zwei teleologischen, auf nichts gegründeten Meinungen wurden allgemein als unumstösslich, ja sogar, durch eine sonderbare Verwirrung der Begriffe, als unangreifbar angenommen, und sie waren es, die uns Jahrtausende hindurch die Wahrheit verschleiert und die richtige Erkenntniss der Einrichtung der Natur ganz unmöglich gemacht haben.

§. 99. (Ptolemäisches Planetensystem.) Indessen drängten sich jene Erscheinungen der Planeten dem aufmerksamen Beobachter auf, und eine Erklärung derselben musste versucht werden. Ptolemäus, der um die Mitte des zweiten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung in der berühmten Schule von Alexandrien lebte, war, so viel wir wissen, der erste, der sich an dieses Problem gewagt hat. Er gab seine Auflösung in dem Werke: *μεγάλη σύνταξις*, das bei uns unter der arabischen Benennung des Almagests bekannter ist. Nach ihm steht die Erde in dem Mittelpunkte von eilf concentrischen Kreisen oder Sphären still, und die Planeten bewegen sich in der Peripherie dieser Kreise so, dass in dem ersten, kleinsten, oder der Erde nächsten Kreise der Mond einhergeht, während in den sechs folgenden immer weitern Kreisen sich Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn bewegen; die übrigen Planeten kannte er noch nicht, konnte sie also auch in sein sogenanntes System nicht aufnehmen. Ueber dem Kreise Saturns, der die siebente Sphäre bildet, nahm er eine achte an, in welcher alle Fixsterne sich bewegen sollten. Eine neunte und zehnte gebrauchte er, um die Phänomene der Präcession, von welchen wir weiter unten sprechen werden, zu erklären, und eine eilfte Sphäre endlich, die unter dem Namen des *Primum mobile* alle andern umschloss, hatte den Auftrag erhalten, alle zehn inneren Sphären, in welchen jeder der genannten Himmelskörper vermöge seiner ihm eigenthümlichen jährlichen Bewegung gen Ost ging, gemeinschaftlich in jedem Tage von Ost nach West um die ruhende Erde zu führen. Indem diesem allgemeinen Impulse auch die vierte Sphäre, in welcher die Sonne sich bewegte, gehorchte, entstand der Tag und die Nacht, und um eben so auch die Entstehung der Jahreszeiten nicht unerklärt zu lassen, ertheilte er dieser Sonne in ihrer Sphäre noch eine eigene jährliche, schraubenförmige Bewegung, wodurch sie sich in mannigfaltigen Windungen während der einen Hälfte des Jahres von dem Aequator der Erde entfernen, und in der andern sich ihm wieder nähern sollte.

§. 100. (Fehler dieses Systems.) Diese Anordnung unserer Sonnenwelt wird das Ptolemäische Planetensystem genannt. Es wird aber nicht angemessen sein, dasselbe hier umständlich zu erläutern, da es für jeden, der das Vorhergehende auch nur mit einiger Aufmerksamkeit gelesen hat, seine Widerlegung in sich selbst trägt. In der That lassen sich viele der oben angeführten Erscheinungen durch dieses System gar nicht erklären, ja einige stehen sogar mit demselben in geradem Widerspruche. Nach dieser Anordnung müssten wir die zwei Untern Planeten, Merkur und Venus, auch zuweilen der Sonne gegenüber oder mit ihr in Opposition (§. 73) sehen, was aber den Beobachtungen zu Folge nie der Fall ist, da wir sie vielmehr immer in der Nähe der Sonne erblicken. Ptolemäus ordnete offenbar die Planeten in seinem Systeme so an, dass er den geschwindesten für den nächsten, und den langsamsten für den entferntesten von der Erde hielt. So kam der Mond, der in 27 Tagen, und Saturn, der erst in 29 Jahren um die Erde geht, an die beiden äussersten Grenzen, und die Sonne, Mars und Jupiter wurden nach dieser Regel leicht zwischen jene eingeschaltet. Aber wo sollten nun Merkur und Venus hingesetzt werden, sie, die bald geschwinder, bald wieder langsamer, als die Sonne gehen? Sie mit Ptolemäus ohne weiteres zwischen die Erde und die Sonne zu setzen, geschieht offenbar ohne hinreichende Ursache, und nur auf's Gerathewohl. Ferner ändern sich die scheinbaren Durchmesser der meisten Planeten, also auch ihre Entfernungen von der Erde, so sehr, dass man die letzte unmöglich für den Mittelpunkt der Kreise, in welchen sich die Planeten bewegen, ansehen kann. So ist der scheinbare Durchmesser der Venus zuweilen sieben- und der des Mars neunmal grösser, als zu anderen Zeiten. Wie unwahrscheinlich ist es ferner, dass diese kleine Erde so grosse und so entfernte Himmelskörper wie z. B. Jupiter oder selbst die Sonne ist, in Kreisen um sich führen soll, und wie viel unwahrscheinlicher ist es noch, dass dieselbe Erde die äusserste oder eilfte Sphäre, und durch diese die Sphären aller anderen Planeten, und selbst die der Fixsterne, in einer so sonderbaren Bewegung, und alle ohne Ausnahme genau in derselben Zeit täglich um ihren Mittelpunkt bewegen soll! Ptolemäus scheint diesen Ungereimtheiten dadurch begegnen zu wollen, dass er jene Sphären als feste Körper, gleichsam als krystallene Kugelschalen, annahm, welche den in ihren Oeffnungen angebrachten Planeten mit sich selbst um die Erde wälzen. Aber was sollte man, wenn man auch diesen wunderlichen Einfall annehmen wollte, mit den unzähligen Kometen anfangen, die oft aus viel grösseren Entfernungen, als die äussersten Planeten, sich zur Erde oder zur Sonne herablassen, und sich dann, auf ihrem Rückwege, wieder in die ungemessenen Räume des Himmels verlieren? Müssten sie diese krystallene Sphären nicht schon längst in allen ihren Theilen durchlöchert und zertrümmert haben?

§. 101. (Aegyptisches Planetensystem.) Diese und mehrere andere Gründe zeigen die Unzulässigkeit dieses Systems zu deutlich, als dass man ihm noch länger anhängen könnte. Auch fühlten diess schon die älteren Astronomen, und besonders fiel ihnen die bereits oben angeführte Bemerkung auf, dass man Merkur und Venus nie der Sonne gegenüber sieht, wie man sie doch, bei einer solchen Anordnung derselben, sehen müsste. Sie suchten daher auch die angegebene Ordnung der Planeten

dahin abzuändern, dass sie den Mond, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn in immer grösseren Kreisen, wie zuvor, um die in ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkte ruhende Erde einhergehen liessen, die beiden Unteren Planeten aber in anderen kleineren Kreisen, deren Mittelpunkt die Sonne ist, um dieselbe bewegten. Auf diese Weise entstand das ägyptische System, in welchem die Sonne der Mittelpunkt der Bewegung für die zwei unteren Planeten, die Erde aber das Centrum für die Sonne sowohl als auch für alle übrigen Planeten war. Dadurch wurde nun wohl die erwähnte Erscheinung, welche die zwei Unteren Planeten darbieten, gerettet, da sie fortan immer nur als Begleiter der Sonne in ihrer Nähe gesehen werden konnten, aber die anderen Einwürfe, welche wir gegen das ganze System aufgestellt haben, bleiben noch immer in ihrer ganzen Stärke, und vor Allem ist die Frage noch nicht einmal berührt, wie man sich denn, bei einer solchen Anordnung, jenes sonderbare Vor- und Rückwärtsgehen und den Stillstand der Planeten erklären solle.

§. 102. (Zwei verschiedene Arten von Ungleichheiten der Planeten.) Diese wichtige Frage beschäftigte die griechischen Astronomen eine Zeit lang, und sie beantworteten sie endlich auch auf eine Weise, die, man muss es gestehen, ihrem Scharfsinne Ehre macht, wenn sie gleich jetzt, wo wir die wahre Antwort bereits kennen gelernt haben, als irrig erklärt, und als einer der vielen Beweise angeführt werden muss, wie weit sich der menschliche Geist, wenn er sich einmal von einer Meinung beherrschen lässt, von der Wahrheit verlieren, und wie sehr er, obschon er diese Wahrheit mit dem besten Willen und mit aller Anstrengung seiner Kräfte zu erreichen strebt, sich immer nur noch tiefer in den Irrthum hineinstudiren kann.

Um aber diese ältere Auflösung unseres Problems besser zu übersehen, ist es nöthig, voraus zu bemerken, dass die Ungleichheiten, welche man in den Bewegungen der Planeten beobachtete, eigentlich zweierlei Art sind. Die einen sind die bereits erwähnten Ungleichheiten, die sich, wie wir gesehen haben, bloss nach dem Stande der Planeten gegen die Sonne richten, und deren Periode die synodische Revolution der Planeten (§. 95) ist. Man nannte sie die Zweite Ungleichheit. Allein ausser diesen Anomalieen gab es noch andere, die keineswegs in die Periode der synodischen Revolution passten, sondern die vielmehr mit der siderischen Umlaufszeit (§. 97) zusammenhingen, indem sie immer dann wieder eintraten, wenn der Planet dieselbe Lage, nicht gegen die Sonne, sondern gegen die Fixsterne einnahm. Diese Anomalie, welche man die Erste Ungleichheit nannte, zeigte sich nicht in so auffallenden Veränderungen von Vor- und Rückwärtsgehen, von Schlingen und Stillständen, sondern vorzüglich in einer Aenderung der Geschwindigkeit, mit welcher der Planet in seiner Bahn einhergeht. Diese Ungleichheit fand sich z. B. selbst bei der Sonne, wo sie von den Alten um so leichter bemerkt werden konnte, da die Sonne keine Ungleichheiten der zweiten Art hatte, und daher jene erste allein, und mit andern Störungen unvermischt zeigte. Man bemerkte nämlich, dass die tägliche Aenderung der Sonne in Länge immer am grössten wurde, und 3671 Sekunden betrug, wenn die Länge der Sonne selbst nahe 280° hatte, oder wenn sie, im Anfange des Januars, im Sternbilde des Schützen erschien, während sie die kleinste Geschwindigkeit von 3432

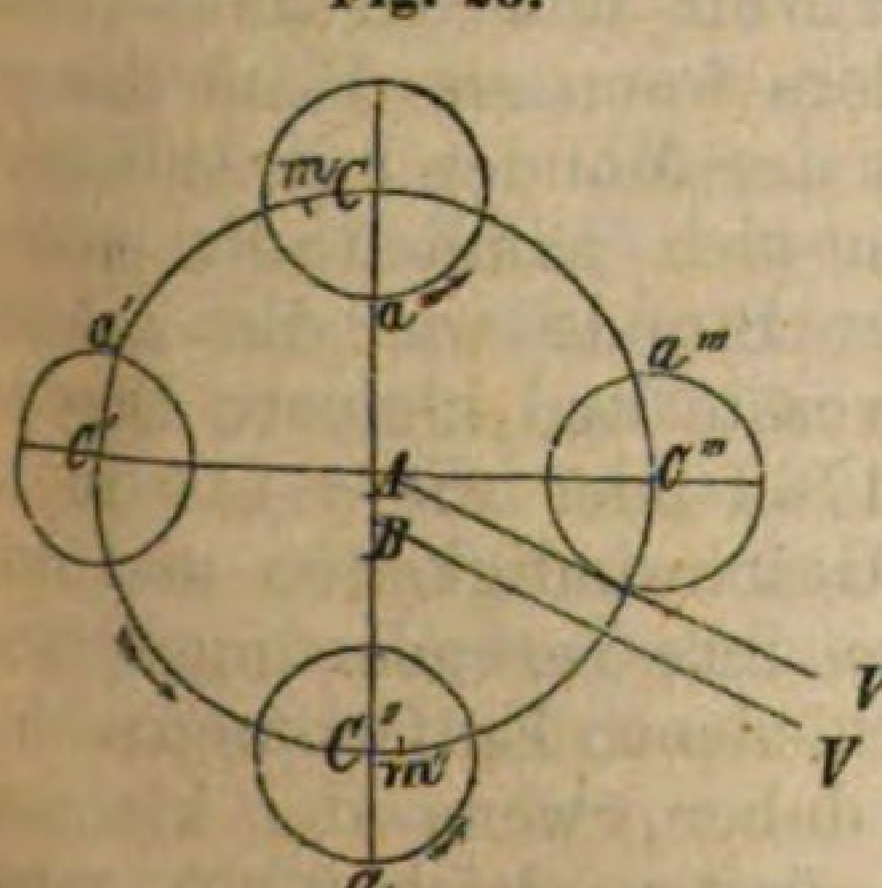
Sekunden in der Länge von 100° oder im Anfang des Julius hatte, wo sie sich in dem Sternbilde der Zwillinge aufhielt. Noch viel bedeutender waren diese Differenzen bei Merkur, der, wenn er von der Sonne gesehen, in dem östlichen Theile des Widders erschien, 6° 18′ und gegenüber in der Mitte der Wage, nur 2° 44′ täglich in seiner Länge vorrückte, eine Verschiedenheit, die während einer Woche schon 24 Grade betrug, und daher der Aufmerksamkeit der älteren Beobachter nicht entgehen konnte, wenn sie gleich bei diesem Planeten noch mit den Ungleichheiten der zweiten Art vermischt erschien. Eben so fanden sie die Länge des Mondes, so oft er eine bestimmte Stelle unter den Fixsternen einnahm, um sechs Grade grösser, als jene, die er vermöge seiner mittlern Bewegung hätte einnehmen sollen, und eben so viel wieder hinter seinem mittlern Orte zurück, wenn er die entgegengesetzte Stelle des Himmels einnahm.

Es wird vielleicht, zur besseren Uebersicht des Folgenden, nicht unangemessen sein, schon hier die Bemerkung einzuschalten, dass diese Erste Ungleichheit daher kommt, dass die Planeten in der That nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen sich um die Sonne bewegen, und dass daher ihre Geschwindigkeiten in verschiedenen Punkten dieser Ellipsen auch verschieden sein müssen. Die Zweite Ungleichheit aber hat ihre Ursache darin, dass wir die Planeten von der Erde, also von einem selbst veränderlichen Standpunkte beobachten. Wir werden weiter unten wieder auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Auf diesen Unterschied der zwei Ungleichheiten musste also bei jeder Erklärung, welche die Alten über die Bewegung der Planeten aufstellen wollten, gehörig Rücksicht genommen werden, ohne sich übrigens von den beiden in §. 98 aufgestellten, und als bereits erwiesen vorausgesetzten Principien, der Ruhe der Erde und der kreisförmigen Gestalt der Planetenbahnen, im geringsten zu entfernen. Sehen wir zu, wie sie dabei zu Werke gegangen sind.

§. 103. **(Erklärung der Ersten Ungleichheit durch den excentrischen Kreis.)** Sei A (Fig. 26) der Mittelpunkt der kreisförmigen Sonnenbahn $CC'C''$ und AV die Linie der Frühlingsnachtgleichen, von welchen alle Längen in der Richtung $C'''C$ von West gen Ost gezählt werden. Da die Bewegung im Kreise nur gleichförmig sein kann, so nehmen wir an, dass die Sonne, welche den ganzen Kreis $CC'C''$ in 365.2564 Tagen zurücklegt, in jedem Tage denselben Bogen $Cm = C''m''$ beschreibe. Wäre nun die Erde im Mittelpunkte A jenes Kreises, so würde sie diese gleichen Bogen auch immer unter den gleichen Winkeln $CAm = C''Am''$ sehen, was gegen die Beobachtungen ist, da wir, nach dem Vorhergehenden, die Sonne im Winter täglich um einen grössern Bogen in Länge vorrücken sehen als im Sommer. Nehmen wir aber die Erde irgendwo ausser dem Mittelpunkte jenes Kreises, z. B. in B an, wo dann wieder die mit AV parallele Linie BV die Linie der Nachtgleichen bezeichnet, so werden, von diesem Punkte B gesehen, die beiden gleichgrossen Bogen Cm

Fig. 26.



und $C''m''$ unter den verschiedenen Winkeln CBm und $C''Bm''$ erscheinen, und da der erstere dieser Winkel der kleinere ist, so wird C der Ort der Sonne im Sommer, wo ihre Länge $VAC = VBC = 100^0$ ist, und C'' der Ort derselben im Winter sein, wo ihre Länge $VAC'' = VBC'' = 280$ Grade beträgt, wenn man nur die Entfernung AB der Erde von dem Mittelpunkte des Kreises so bestimmt, dass jene zwei Winkel $CBm = 3432''$ und $C''Bm'' = 3671''$ betragen. Diess wird aber dann der Fall sein, wenn man den Punkt B so annimmt, dass $C''B = 0.935\ CB$, oder, was dasselbe ist, dass $AB = 0.034\ AC$ wird, oder dass die gesuchte Entfernung AB nahe den dreihundertsten Theil des Halbmessers AC des Sonnenkreises beträgt.

Diess war auch in der That die Anordnung, durch welche die Griechen die Bewegung der Sonne darstellten. Den Kreis $CC'C''$, in welchem die Sonne einhergeht, während die Erde ausser dem Mittelpunkte dieses Kreises, in dem Punkte B ist, nannten sie den excentrischen Kreis. Nach dieser Darstellung ist also die Sonne im Anfang des Julius in C, wo sie die kleinste Geschwindigkeit, und, wegen ihrer grössten Entfernung von der Erde, auch den kleinsten scheinbaren Durchmesser hat, und im Anfang des Januar in C'', wo sie die grösste Geschwindigkeit und zugleich ihren grössten Durchmesser hat. In dem Halbkreise $CC'C''$ nahmen Geschwindigkeit und Durchmesser, wie die Sonne der Erde näher kam, allmählich zu, und eben so auch in dem andern Halbkreise $C''C'''C$ nach demselben Gesetze wieder ab. Bald nach C' und kurz vor C''' hatten beide Grössen ihren mittleren Werth, und diess stimmte alles genau genug mit den in jenen Zeiten allerdings noch sehr unvollkommenen Beobachtungen.

Ein ähnliches Verfahren beobachteten sie auch bei dem Monde und bei allen übrigen Planeten, um dadurch die oben angeführte Erste Ungleichheit derselben darzustellen. Ohne Zweifel wurden sie in der Meinung von der Richtigkeit dieser Hypothese noch dadurch bestärkt, dass durch sie nicht bloss die Veränderung der Geschwindigkeit sondern auch die des Halbmessers der Planeten ihren Beobachtungen gemäss dargestellt wurden, indem sie voraussetzten, dass diese beiden Aenderungen bloss von der grössern oder kleinern Entfernung der Planeten von der Erde kämen. Allein diess ist keineswegs der Fall, und selbst ihre unvollkommenen Instrumente hätten sie von dem Irrthum ihrer Voraussetzung zurückbringen können, besonders wenn sie damit die so beträchtlichen Aenderungen des Durchmessers des Mondes mit Aufmerksamkeit verglichen hätten. Bei ihm verhalten sich nämlich die grössten und kleinsten Geschwindigkeiten in einer Stunde wie die Zahlen 2302 und 1767 oder wie 1.303 zu 1. Der grösste und kleinste Durchmesser des Mondes aber sind wie 2011 zu 1762 oder wie 1.141 zu 1, da doch diese beiden Verhältnisse, die der Geschwindigkeiten und der Durchmesser einander gleich sein sollten, wenn ihre Veränderungen, wie die Griechen voraussetzten, nur von den verschiedenen Entfernungen des Mondes von der Erde herrühren. Sie hätten daher, wenn der kleinste Durchmesser des Mondes 1762″ betrug, den grössten gleich 2296″ oder nahe $4\frac{3}{4}$ Minuten grösser sehen sollen, als sie ihn in der That sahen, eine Grösse, die auch ihren Instrumenten nicht leicht entgehen konnte. Sie würden dann gesehen haben, dass nicht das Verhältniss der von ihnen beobachteten Mondsdurchmesser, aber wohl das Quadrat dieses

Verhältnisses gleich der Zahl 1.303, also gleich dem Verhältnisse der Geschwindigkeiten des Mondes sei, und diese Bemerkung würde sie vielleicht auf die Entdeckung des zweiten Kepler'schen Gesetzes, von dem wir später sprechen werden, und dadurch auf eine ganz andere, und was mehr ist, auf die wahre Theorie der Planetenbewegung geführt haben. Wenn sie also auch durch dieses Verfahren die Längen oder die Geschwindigkeiten der Planeten, den Beobachtungen nahe gemäss, darstellen konnten, so war es doch unmöglich, dadurch auch die Entfernungen derselben von der Erde so, wie die Beobachtungen sie forderten, darzustellen. In der That war auch beinahe alles, was uns die Alten von den Distanzen der Planeten, etwa die des Mondes ausgenommen, überliefert haben, von keinem Werthe, da sie über diesen wichtigen Gegenstand der Astronomie ganz im Dunkeln geblieben sind.

§. 104. (Erklärung der zweiten Ungleichheit durch die Epicykel.) Um nun auch die zweite Ungleichheit der Planeten oder ihren Stillstand und Rückgang darzustellen, ohne dadurch weder die Erde in ihrer Ruhe zu stören, noch auch sich von der einmal beliebten Bewegung in Kreisen zu entfernen, nahm man an, dass sich auf der Peripherie *CC'* des excentrischen Kreises (§. 103) der Mittelpunkt eines andern Kreises *Ca* von West gen Ost gleichförmig bewege, während der Mittelpunkt des Planeten in der Peripherie dieses zweiten Kreises ebenfalls von West gen Ost, und ebenfalls gleichförmig einhergeht. Man nannte diesen zweiten Kreis *Ca* den Epicykel, und den ersten oder den excentrischen Kreis *CC'* auch den deferirenden Kreis, weil dieser in der That dem Epicykel zum Leiter diente, oder ihn um die Erde *B* fortführte.

Man sieht, dass man durch eine solche Anordnung das Vor- und Rückwärtsgehen und das Stillstehen der Planeten im Allgemeinen leicht erklären kann. Denn wenn z. B. das Centrum des Epicykels in *C''* und der Planet in seinem entferntesten Punkte *a''* von der Erde *B* ist, so haben beide Punkte *C''* und *a''* dieselbe directe Bewegung nach dem Punkte *m''* hin, und der Planet wird, von der Erde gesehen, die Summe jener beiden Geschwindigkeiten, oder er wird seine grösste directe Bewegung haben. Wenn aber der Mittelpunkt des Epicykels nach einer halben Revolution in dem Punkte *C* und zugleich der Planet in dem der Erde nächsten Punkte *a* ankommt, so wird die Bewegung des Punktes *C* gegen die linke, die des Punktes *a* aber gegen die rechte Seite gerichtet sein, oder beide Punkte werden hier eine entgegengesetzte Bewegung haben, und wenn, wie vorausgesetzt wird, die Geschwindigkeit des Planeten in der Peripherie seines Epicykels grösser ist, als die des Mittelpunkts des Epicykels, so wird der Planet, aus der Erde *B* gesehen, mit der Differenz jener beiden Geschwindigkeiten sich zu bewegen scheinen, und in diesem Punkte *a* zugleich seine grösste retrograde Bewegung haben. In dem Punkte *C''* steht die Richtung der Bewegung des Planeten in seinem Epicykel senkrecht auf die Linie *BC''*, welche den Mittelpunkt des Epicykels mit der Erde verbindet. Wenn aber *C''* im deferirenden Kreise und *a''* im Epicykel weiter rechts fortschreitet, wird sich die Richtung der Bewegung des Planeten *a''* immer mehr gegen die Erde hin neigen, und daher derjenige Theil der Bewegung desselben, der von der Bewegung des Planeten in seinem Epicykel kommt, immer kleiner erscheinen, während die des Mittelpunkts des Epicykels von *A* gesehen, immer dieselbe bleibt. Auf

diese Weise wird der Mittelpunkt des Epicykels in einen Punkt gelangen, wo jener Theil der Bewegung ganz verschwindet, und wo daher der Planet nur mehr mit der constanten Geschwindigkeit des Epicykels, d. h. mit seiner mittleren, noch immer directen Geschwindigkeit fortgehen wird. Nach diesem Punkte wird sich die Richtung der Bewegung des Planeten in seinem Epicykel wieder von der Erde immer mehr und mehr entfernen, oder jener Theil der Bewegung wird rückgängig, die ganze Bewegung jedoch noch immer direct sein, aber auch zugleich immer kleiner werden, weil jener rückgängige Theil immer wächst, bis er endlich so gross, als die, ihrer Natur nach immer rechtläufige Bewegung des Mittelpunkts des Epicykels wird, und dann wird der Planet für die Erde ganz still zu stehen scheinen. Da von diesem Punkte an die retrograde Geschwindigkeit jenes Theils noch weiter wächst, so wird auch die totale retrograde Geschwindigkeit des Planeten wachsen, bis sie für den Punkt *C* ihren grössten Werth erreicht, wie oben gesagt worden ist. Aehnliche Erscheinungen werden in derselben, nur verkehrten Ordnung, auch in der zweiten Hälfte *CC'C''* der Bahn statthaben. Verfolgt man auf diese Art den Planeten durch den Lauf einer ganzen Revolution in einer Zeichnung, so wird man dadurch nicht nur die verschiedenen Geschwindigkeiten desselben, wie sie von der Erde aus erscheinen, sondern auch die Punkte seines Stillstandes, die Bogen seines Rückgangs, und selbst die oben erwähnten Schlingen seiner Bahn leicht und deutlich darstellen können.

§. 105. (Bestimmung der Umlaufszeiten und der Halbmesser dieser beiden Kreise.) Alles wird also nur noch darauf ankommen, die Halbmesser der beiden Kreise, und die Bewegungen der beiden, in ihrer Peripherie laufenden Punkte so einzurichten, dass sie den Beobachtungen, welche man an den Planeten gemacht hat, entsprechen.

Zu diesem Zwecke nahm man an, dass die Umlaufszeit des Planeten in der Peripherie seines Epicykels gleich ist der synodischen Revolution (§. 95) desselben, während die Umlaufszeit des Mittelpunkts des Epicykels in der Peripherie des deferirenden Kreises für die oberen Planeten gleich der siderischen Revolution (§. 97) dieser Planeten, und für die zwei unteren Planeten, Merkur und Venus, gleich der siderischen Revolution der Sonne von 365.256 Tagen, oder gleich dem siderischen Jahre ist, welches wir oben §. 97 als Revolution der Erde angegeben haben. Da man ferner bemerkte, dass die oberen Planeten zur Zeit ihrer Conjunction (§. 73) ihre grösste directe, und zur Zeit der Opposition ihre grösste retrograde Bewegung haben, so versetzte man den Ort der Planeten zur Zeit der Conjunction in den fernsten Punkt *a''* und zur Zeit der Opposition in den nächsten Punkt *a* seines Epicykels. Bei den unteren Planeten endlich, wo es keine Oppositionen, sondern nur zwei Conjunctionen gibt, nannte man diejenige, wo der Planet seine grösste rechtläufige Bewegung und seinen kleinsten Durchmesser hat, die obere und die andere, wo der Planet seine grösste rückläufige Bewegung und seinen grössten scheinbaren Durchmesser hat (§. 91), die untere Conjunction. Um auch sie mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen, wurden sie zur Zeit ihrer obern Conjunction in dem fernsten Punkt *a''* und zur Zeit ihrer untern Conjunction in dem der Erde nächsten Punkt *a* ihres Epicykels angenommen.

Noch ist die Bestimmung der Halbmesser dieser beiden Kreis

übrig. Ptolemäus scheint sich um die Kenntniss der wahren Entfernungen der Planeten von der Erde oder von der Sonne nicht sehr bemüht zu haben. Auch gibt die aufgestellte epicyklische Hypothese, da sie sich nur mit dem Orte des Erscheinens der Planeten beschäftigt, ohne sich um den wahren Ort derselben im Weltraume zu bekümmern, bloss die Verhältnisse, nicht aber die absoluten Grössen jener Halbmesser. Man findet, dass für die oberen Planeten der Halbmesser des Epicykels sich zu dem des deferirenden Kreises verhalten müsse, wie die mittlere Entfernung der Erde zur mittleren Entfernung des Planeten (§. 97) von der Sonne, und dass für die unteren Planeten das umgekehrte Verhältniss statt habe. Uebrigens sieht man leicht, dass die Wirkung des excentrischen Kreises auch durch einen zweiten Epicykel erhalten werden könnte, dessen Mittelpunkt auf der Peripherie des ersten Epicykels einhergeht, so dass dann die Erde in dem Mittelpunkte *A* des deferirenden Kreises angenommen werden kann.

§. 106. (Fehler der epicyklischen Hypothese.) Obschon aber durch diese Hypothese die Erscheinungen, die bei den Planeten statt haben, wie wir oben (§. 103) sahen, wenigstens in Beziehung auf ihre Länge, wenn auch nicht auf ihre Distanzen, durch die unvollkommenen Beobachtungen der Alten genau genug dargestellt wurden, so kann man sie doch nicht für das wahre System der Natur halten. Ja die Schwierigkeiten, welche diese Anordnung darbot, häuften sich immer mehr, je besser man die Natur selbst durch aufmerksame Beobachtungen kennen lernte. Die Bewegung der beiden unteren Planeten konnte durch jene beiden Kreise auf keine Art genügend dargestellt werden, und der Mond besonders zeigte noch mehrere grosse Ungleichheiten, die einer epicyklischen Bewegung geradezu entgegen liefen. Man versuchte es daher, auf dem Umkreise des Epicykels noch einen anderen, ja noch einen dritten Kreis laufen, und erst in der Peripherie des letzten den Planeten selbst einhergehen zu lassen, ohne aber dadurch der Wahrheit viel näher zu kommen, da durch alle diese Maschinerieen höchstens nur die Längen, die Entfernungen aber, oder die scheinbaren Durchmesser der Planeten nicht besser, zuweilen sogar noch schlechter als zuvor dargestellt wurden. Nicht minder kläglich, ja meistens gar nicht wurden dadurch die Bewegungen der Planeten in der Breite berücksichtigt, da zu diesem Zwecke die Epicykel unter einander und gegen den deferirenden Kreis besondere Neigungen erhalten mussten, wodurch das ganze Gerüste von schief auf einander laufenden Kreisen noch mehr verwickelt wurde. Welch' ein System, das einigen Himmelskörpern zwei und drei Epicykel, andern nur einen, und wieder andern, wie der Sonne, gar keinen anwies, und das alle Planeten in ihrem Lauf um die Erde von der Sonne abhängig machte, die doch auch nichts weiter, als wieder ein Planet sein sollte! Welche abenteuerliche Kraft ist es, die in dem Mittelpunkte des Epicykels, einem bloss eingebildeten, durch nichts ausgezeichneten Punkte, ihren Sitz hat, und doch den Planeten um sich zu bewegen im Stande ist? Welch' eine sonderbare, äusserst verwickelte krumme Linie ist es, die der in seinem Epicykel einhergehende Planet in der That im Weltraume beschreibt? Und dieser verworrenen Linie voll Knoten und Schlingen ungeachtet soll derselbe Planet doch täglich einmal mit allen Fixsternen in derselben Zeit um die Erde laufen! — Darf man sich noch verwundern, dass die Alten, vor der Complication aller dieser so

wunderbar in einander verschlungenen Bewegungen selbst zurückschreckend, endlich auf den Einfall geriethen, jedem Planeten eine höhere Intelligenz — einen geistigen Führer — zuzuordnen, der sie, damit sie sich auf ihren labyrinthischen Bahnen nicht verirren, mit unsichtbarer Hand durch die Himmel steuern musste? Und sie kannten nur die grösseren Ungleichheiten dieser Himmelskörper, die wenigstens ganze Grade betrugen, und denen sie auf diese Weise entgegen kommen wollten. Was würden sie gethan haben, wenn sie auch die unzähligen kleineren Anomalieen, die unsere genaueren Instrumente kennen gelehrt haben, wenn sie die Nutation, die Präcession, und die tausend kleineren Perturbationen, welche die Planeten unter einander bewirken, auf dieselbe Weise hätten darstellen wollen! Welche unübersehbare Anhäufung von Epicykeln würden wir nöthig haben, um nur diejenigen Ungleichheiten, die über eine Minute gehen, dadurch auszudrücken! Ohne Zweifel ist dieses epicyklische System eines der scharfsinnigsten, aber auch der künstlichsten und verworrensten, das der menschliche Geist je ausgedacht hat, ein Gewebe von Spitzfindigkeit und Verblendung, wie nur je eines in der Metaphysik von unsern Naturphilosophen ausgebrütet worden ist, und dessen sich die sonst so nüchternen Astronomen eigentlich schämen sollten. Auch regte sich zuweilen die Kraft der Wahrheit gegen diese unnatürliche Hypothese, aber ihre Stimme war zu schwach, ja sie durfte am Ende gar nicht mehr gehört werden, als sich nach Jahrtausenden der Irrthum aller bessern Köpfe bemächtigt, und sich sogar eine Art von Unverletzlichkeit, von Sanction höherer Art zu verschaffen gewusst hatte.

§. 107. (Kopernicus.) Diess war der Zustand des erhabensten Theiles der Naturlehre von den ältesten Zeiten, die wir kennen, bis zur Mitte des sechszehnten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung, bis zu Kopernicus, der der Erste es unternahm, der so lange und so schnöde verkannten Wahrheit endlich ihr heiliges Recht zu verschaffen. Zwar fehlte es schon unter den älteren Griechen nicht an Männern, die freien Blicks, und ungefesselt von den verjährten Vorurtheilen der Menge, diese Wahrheit erkannten. So erzählt Plutarch *(De placitis philosoph. Lib. III.)*, dass Philolaus von Crotona, der gegen das Jahr 450 vor Christo lebte, die Bewegung der Erde um die Sonne angenommen habe, und eben so soll Nicetas, der bald nach Philolaus in Syrakus lehrte, wie Cicero sagt *(Acad. Quaest. Lib. IV.)*, durch die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe die bloss scheinbare tägliche Bewegung aller übrigen Gestirne von Ost gegen West erklärt haben. So hatte auch Kardinal Cusa (1464) die Bewegung der Erde ausgesprochen. Aber jene Philosophen sagten diess nur, wie sie so vieles Andere sagten, ohne es zu beweisen, und ohne die glückliche Idee weiter zu verfolgen, daher sie mit ihr auch keinen Eingang fanden, wohl aber Missachtung, und später sogar Verfolgung dafür erleiden mussten. Kopernicus jedoch pflegte diese Idee in seinem Geiste mit unermüdlicher Sorgfalt durch sein ganzes, langes, siebenzigjähriges Leben, und nicht zufrieden, sie in seinem Werke *(De revolutionibus orbium coelestium, Norimb. 1543)*, das kurz vor seinem Tode erschien, mit aller Vorliebe, die er für sie gefasst hatte, auszubilden, suchte er sie auch durch Vergleichungen mit dem Himmel, durch unmittelbare Beobachtungen zu beweisen, und sie so, nicht wie jene, als einen philosophischen Satz, als einen Gegenstand

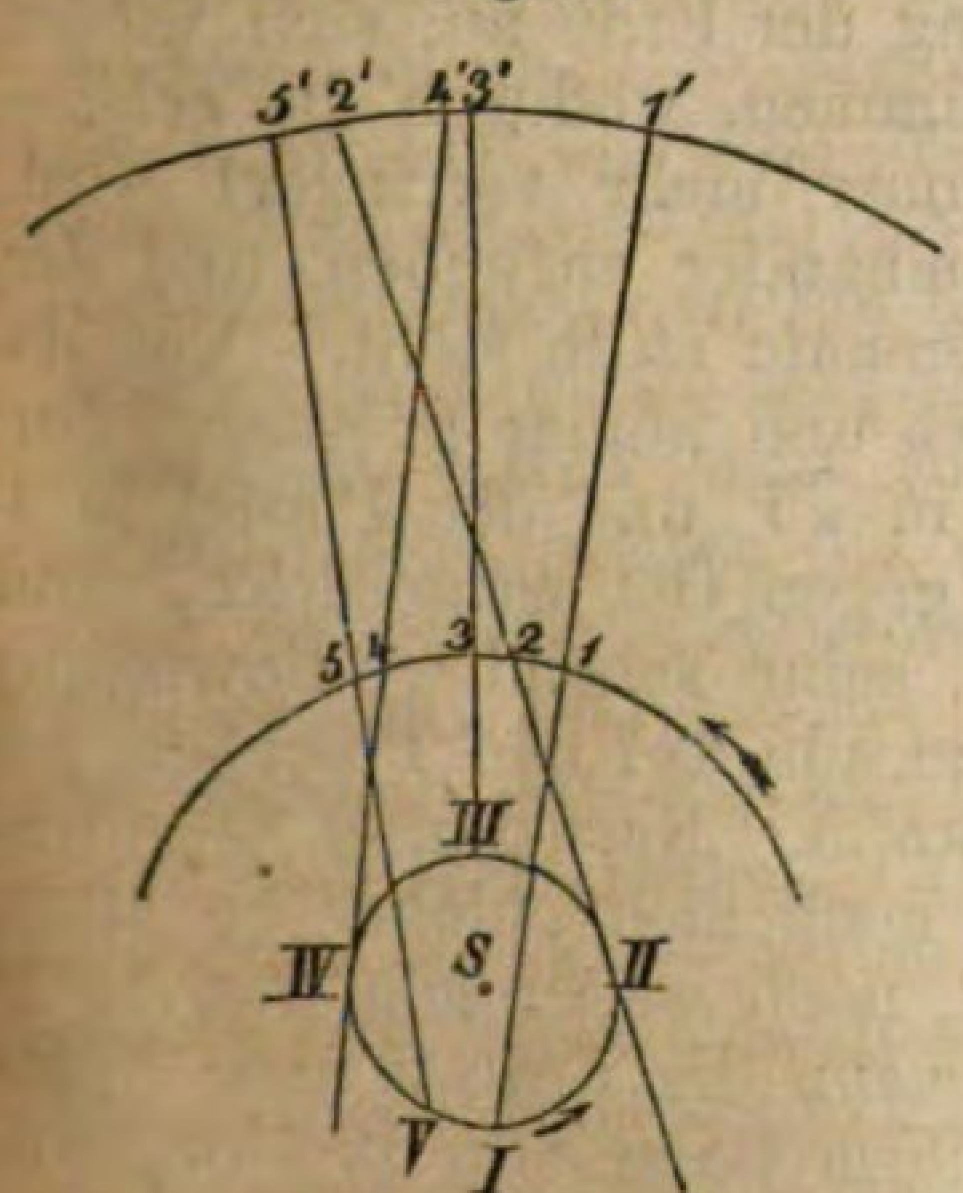
für inhaltsleere metaphysische Diatriben, sondern als eine mathematische, durch Rechnung und Beobachtung erwiesene Wahrheit, als ein Factum hinzustellen, an dem zu zweifeln fortan nur Denjenigen erlaubt sein konnte, die von der Sache selbst nichts verstanden. Wo jene Philosophen des Alterthums sagten, es könnte wohl so sein, da sagte Kopernicus: es muss so sein, und zeigte zugleich die Gründe dieser Nothwendigkeit. Auch gehörte eine seltene Kraft und selbst ein hoher Muth dazu, der allgemeinen, seit Jahrtausenden herrschenden Meinung kühn entgegen zu treten, und sich den Gefahren auszusetzen, oder sie geschickt zu umgehen, denen ein Jahrhundert später sein grosser Nachfolger, Galilei, auf derselben Bahn unterlegen ist. Daher Kepler, in Beziehung auf diese Vorurtheile, die Kopernicus zu bekämpfen hatte, von ihm sagte: *Vir fuit maximi ingenii, et, quod in hoc exercitio magni momenti est, animo liber.*

§. 108. (Kopernicanisches Planetensystem.) Nach seinem Systeme also ruht die Sonne in der Mitte der Planetenwelt, und um sie bewegen sich in immer grösseren concentrischen Kreisen zunächst Merkur, dann Venus, die Erde, Mars, Jupiter und Saturn, — denn die übrigen Planeten waren ihm noch unbekannt. Die Bewegungen aller dieser Planeten um die Sonne gehen sämmtlich in der Richtung von West gen Ost, während zugleich die Erde, von dem in 27 Tagen sich um sie bewegenden Mond begleitet, in derselben Richtung sich täglich um ihre gegen die Ekliptik oder gegen die Ebene der jährlichen Bahn der Erde schief gestellte Axe dreht, und dadurch die Abwechslung des Tags und der Nacht sowohl, als auch die der Jahreszeiten erzeugt, wie wir bereits oben (Kapitel *VII.*) gesehen haben.

§. 109. (Erklärung der Erscheinungen durch dieses System.) Diese Darstellung ist so einfach, dass sie nur gehört zu werden braucht, um auch sogleich verstanden zu werden, und dass sie daher auch, zu ihrer weitern Erläuterung, keiner eigenen Zeichnung bedürfen wird. Sehen wir dafür, ob sich durch sie jene sonderbaren Bewegungen der Planeten, die den Alten so viele Mühe machten, eben so leicht erklären lassen.

Sei *S* (Fig. 27) der Mittelpunkt der Sonne, und zugleich der Mittelpunkt der beiden Kreise *I*, *II*, *III* .. und 1, 2, 3 .. in deren erstem sich die Erde, und in deren zweitem irgend ein oberer Planet um die Sonne gleichförmig gegen Osten, und so bewegen soll, dass für dieselben Augenblicke, wo die Erde in dem Punkte *I*, oder *II* .. ist, der Planet den Punkt 1 oder 2 .. seiner Bahn einnehme. Wenn die Erde bald nach der Conjunction des Planeten mit der Sonne in *I* ist, so sieht sie den Planeten 1 in der Sphäre des Himmels bei dem Punkte 1′, und die scheinbare directe Bewegung des Planeten erscheint hier, nahe bei der Conjunction, sehr gross, weil sie die Summe der zwei wahren Bewegungen des Planeten und der Erde, von denen jene gegen die linke, diese aber gegen die rechte Seite gerichtet ist, so dass also

Fig. 27.



hier die Bewegung des Planeten durch die ganze Bewegung der Erde vergrössert erscheint. Kommt in einiger Zeit darauf die Erde nach *II* und der Planet in seiner Bahn nach 2, oder in die erste Quadratur, so dass der Winkel *S II* 2 ein rechter wird, so sind jetzt die Richtungen der beiden wahren Bewegungen, der Erde und des Planeten, nicht mehr einander gerade entgegengesetzt, wie in der Conjunction; der Winkel, welchen sie unter einander bilden, ist vielmehr jetzt zu einem rechten Winkel geworden. Die Richtung der Erde geht jetzt gerade auf den Planeten zu, und die scheinbare Bewegung des Planeten wird jetzt durch die wahre der Erde weder vergrössert noch verkleinert, oder die scheinbare, noch immer directe Bewegung des Planeten wird hier gleich seiner wahren sein, und der Planet 2 wird, von der Erde gesehen, am Himmel in dem Punkte 2′, viel weiter gen Ost, als in der Conjunction, erscheinen.

Nach der Quadratur aber fängt die Bewegung der Erde an, sich immer mehr gegen die linke Seite oder nach Ost zu krümmen; die Richtung ihrer Bewegung kommt derjenigen des Planeten immer näher; sie gehen beide in der That immer mehr nach einer Seite, und die scheinbare Bewegung des Planeten wird also jetzt durch die Bewegung der Erde immer mehr verkleinert werden. Zur Zeit der Opposition, wo die Erde in *III* und der Planet in 3, der Sonne gegenüber, ist, werden die beiden wahren Bewegungen genau nach derselben Seite, beide senkrecht auf die Gesichtslinie *S III* 3 und gegen Osten gerichtet sein. Hier wird also auch die scheinbare Bewegung des Planeten genau gleich der Differenz der beiden wahren Bewegungen sein, und da die wahre Bewegung der Erde, als des der Sonne nähern Planeten, grösser ist, als die des Planeten, so wird hier die scheinbare Bewegung des Planeten retrograd, und zwar am schnellsten retrograd sein, daher auch der Planet von der Erde gesehen, in 3′, stark westlich hinter 2′ zurückgerückt erscheint. Es muss aber irgendwo zwischen *II* und *III*, zwischen der ersten Quadratur und der Opposition, einen Augenblick gegeben haben, wo die beiden, nach derselben Seite gerichteten wahren Bewegungen der Erde und des Planeten gleich gross waren, und diess war der Augenblick des Stillstandes, wo der Planet, von der Erde gesehen, sich am Himmel gar nicht zu bewegen scheint.

Nach der Opposition fängt die Bewegung der Erde an, sich wieder allmählich von der des Planeten weg zu krümmen, wodurch die scheinbare retrograde Bewegung des Planeten immer mehr verringert wird, bis endlich wieder beide wahre Bewegungen einander aufheben, und der Planet, von der Erde gesehen, zum zweitenmale stille steht. Von da wird seine scheinbare Bewegung wieder direct und immer grösser. Zur Zeit der zweiten Quadratur, wo die Erde in *IV* und der Planet in 4 ist, erscheint der letzte in 4′ etwas weiter gegen Ost vorgerückt, und hier ist wieder, wie in der ersten Quadratur, seine scheinbare Bewegung gleich der wahren, weil die der Erde, die gerade auf den Planeten gerichtet ist, keinen Einfluss auf sie äussern kann. Nach dieser Quadratur wächst die directe scheinbare Bewegung noch mehr, daher er auch, wenn die Erde in *V* und der Planet in 5 ist, noch weiter gen Ost in 5′ vorgerückt erscheint, bis er endlich wieder, wenn die Erde in der Mitte der von dem Planeten abgewendeten Hälfte ihrer Bahn oder in Conjunction ist, die grösste scheinbare directe Bewegung erhält, und von da

eine zweite, der eben angeführten ganz ähnliche, Periode seiner Bewegungen beginnt.

Es wird kaum nothwendig sein, dieselbe Erläuterung auch für die unteren Planeten zu wiederholen. Man wird sehr leicht die hier vorkommenden Erscheinungen durch zwei ähnliche concentrische Kreise darstellen, von welchen die äussere die Bahn der Erde, und der kleinere, innere, die des Planeten bezeichnet. Zur Zeit ihrer obern Conjunction (§. 105), wo die Sonne zwischen ihnen und der Erde ist, sind die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde nach entgegengesetzten Seiten gerichtet, daher hier die von der Erde gesehene oder scheinbare Bewegung direct und am grössten ist. Nach der obern Conjunction neigt sich die Richtung der wahren Bewegung des Planeten immer mehr gegen die Erde hin, oder seine scheinbare directe Bewegung wird langsamer. Zur Zeit der grössten östlichen Digression geht die Richtung seiner Bewegung, oder die Tangente seiner Bahn, gerade auf die Erde zu, und er scheint desshalb nunmehr eben so viel auf die linke Seite zu rücken, als die Erde in ihrer Bahn rechts rückt. Nach diesem Momente entfernt sich die Tangente seiner Bahn auf der andern oder westlichen Seite immer mehr von der Erde, und es muss daher eine Stelle geben, wo seine Bewegung nach der rechten Seite genau mit jener der Erde, die ihm scheinbar nach der linken Seite vorrückt, übereinkommt, und in dieser Stelle wird daher der Planet seinen Stillstand haben. Von da an wird seine scheinbare Bewegung rückgängig sein, da die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde, beide nach der rechten Seite gerichtet sind, und da die des ersteren, als des der Sonne näheren Körpers, auch zugleich die grössere ist. In der unteren Conjunction endlich sind beide nach der rechten Seite gehenden Richtungen der wahren Bewegungen einander genau parallel, daher hier die scheinbare, rückgängige Bewegung des Planeten ihren grössten Werth haben wird. Nach der untern Conjunction erneuern sich, in der andern Hälfte der Bahn, dieselben Erscheinungen in umgekehrter Zeitfolge, bis der Planet wieder seine obere Zusammenkunft mit der Sonne erreicht.

§. 110. (Vorzüge dieses Systems.) Alles diess harmonirt mit den oben (§. 91, 92) erwähnten, und durch unmittelbare Beobachtungen gegebenen Phänomenen auf das Genaueste. Wenn man den beiden concentrischen Kreisen die in §. 97 angewiesenen Halbmesser gibt, und in der Peripherie derselben die Orte des Planeten und der Erde nach den ebendaselbst mitgetheilten Umlaufszeiten bezeichnet, so findet man dadurch die Orte des Stillstandes und die Bogen des Rückgangs derselben genau an deren Stelle, und genau von der Grösse, welche ihnen diese Beobachtungen anweisen. Man sieht in einer solchen Zeichnung gleichsam auf den ersten Blick, warum die untern Planeten immer in der Nähe der Sonne sich aufhalten, und warum die Durchmesser der obern Planeten in der Opposition, und die der untern in der untern Conjunction am grössten erscheinen, weil sie nämlich da zugleich in ihrer geringsten Entfernung von der Erde stehen. Eben so stimmt diese Erklärung mit den Lichtphasen, die wir an den beiden untern Planeten beobachten, und die ganz den Abwechslungen der Lichtgestalten ähnlich sind, welche man an dem Monde bemerkt. Ueberhaupt werden durch diese Anordnung alle jene so auffallenden Sonderbarkeiten der planetarischen Bewegun-

gen, alle jene Veränderungen der Grösse sowohl als der Richtung ihrer Geschwindigkeiten, und der durch sie erzeugten Knoten und Schlingen ihrer scheinbaren Bahnen auf die natürlichste und einfachste Art erklärt. Die Planeteu, sammt der Erde, haben alle eine directe Bewegung in Kreisen, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt die Sonne ist. Dieses ist die eigentliche Sachlage, und alles übrige ist bloss Täuschung, die aus der Bewegung der Erde entsteht. Das Ptolemäische System ist aus unförmlichen Stücken zusammengetragen und äusserst zusammengesetzt, während das Kopernicanische im höchsten Grade einfach und symmetrisch erscheint, so dass man es sofort für das einzig wahre erkennen muss. In jenem wuchsen die Schwierigkeiten mit der Schärfe der Beobachtungen, während in diesem jede neue Beobachtung, jede neue Entdeckung auch zugleich eine neue Bestätigung der Wahrheit desselben ist, wie es denn z. B. durch die Entdeckung der Aberration des Lichtes Tausende von Sternen als Zeugen dieser seiner innern Wahrheit erhalten hat. Auch gewann die Wissenschaft, seit der Begründung jenes Systems, eine ganz neue Gestalt, und fand sich jetzt erst in den Stand gesetzt, ihrer Vollendung mit grossen Schritten entgegen zu eilen. Denn, so lange die Erde stille stand, musste auch die Astronomie selbst stille stehen, und keine der grossen Erscheinungen, die uns der Himmel darbietet, konnte erklärt werden, so lange wir den Standpunkt, aus welchem wir sie zu betrachten haben, und die Veränderlichkeit dieses Standpunktes nicht anzugeben wussten. Nun aber war plötzlich die so lange verschlossene Bahn geöffnet, und wo sonst nichts als Finsterniss war, verbreitete sich schnell das helle Licht der Wahrheit. Seit jener für immerwährende Zeiten denkwürdigen Epoche erzeugte eine Kenntniss, eine Entdeckung die andere, in stetem Fortgange bis auf unsere Tage; denn das ist das unterscheidende Kennzeichen der Wahrheit, dass sie nie allein und unfruchtbar dasteht, sondern wie ein Lichtstrahl die ganze Gegend um sich erleuchtet, und andere Wahrheiten oft in ganzen Reihen als ihr Gefolge mit sich führt. Die neue Gestalt, welche die Wissenschaft durch jene Entdeckung erhalten hat, ist nicht eine von den vorübergehenden, die mit jedem Jahrhundert wechselt, und die vielleicht durch künftige Beobachtungen verdrängt, durch andere, höhere Entdeckungen wieder verdunkelt zu werden fürchten darf: sie ist eine für alle Folgezeiten bleibende Gestalt, an deren innerer Richtigkeit zu zweifeln fortan keinem Vernünftigen mehr erlaubt sein kann, da es wohl unter allen unsern sogenannten menschlichen Wahrheiten kaum eine einzige geben mag, die so oft und so sorgfältig geprüft, die so von allen Seiten und seit beinahe drei vollen Jahrhunderten durch so viele Tausende von Beobachtungen bestätigt wäre als eben jene Entdeckung.

§. 111. (Heliocentrischer und geocentrischer Ort der Planeten.) Da die Bewegung der Planeten, die, aus dem veränderlichen Standpunkt der Erde betrachtet, so äusserst verwickelt erscheint, aus dem wahren Centralpunkte aller Planetenbahnen, aus dem Mittelpunkte der Sonne, so einfach sich darstellt, so wird es, zur nähern Kenntniss dieser Bewegungen, sehr angemessen sein, eine Methode zu suchen, durch welche man den von der Erde gesehenen, oder den durch unmittelbare Beobachtungen gegebenen geocentrischen Ort des Planeten in den von der Sonne gesehenen oder in den heliocentrischen Ort desselben verwandeln

kann. Sei also *S* (Fig. 10) die Sonne, *T* die Erde und *P* der Planet. Ist *S*♈, somit wegen der unendlichen Entfernung der Himmelssphäre auch die damit parallele *T*♈ die Frühlingsnachtgleichenlinie, so wird ♈*ST* die heliocentrische Länge der Erde, ♈*SP* die heliocentrische Länge des Planeten, und *ATP* die geocentrische Länge des Planeten sein. Zieht man endlich noch durch *S* die Linie *SB* parallel mit *TP*, so wird auch der Winkel ♈*SB* = *ATP* die geocentrische Länge des Planeten ausdrücken.

Man beschreibe nun mit dem grössten Halbmesser, den z. B. die Ebene einer Tafel verträgt, aus dem Mittelpunkte *S* einen Kreis ♈♋♎♑, der die in Grade getheilte Ekliptik an der von der Sonne oder von der Erde unendlich weit entfernten Fläche des Himmels vorstellt. Aus demselben Mittelpunkte *S* beschreibe man mit dem im §. 97 nach irgend einem Massstabe genommenen Halbmesser die Bahn *aTb* der Erde und die Bahn *PB* des Planeten. Nehmen wir an, dass man für irgend eine Zeit, für welche der heliocentrische Ort ♈*ST* der Erde, z. B. von 30 Graden, gegeben ist, durch eine unmittelbare Beobachtung die geocentrische Länge *ATP* des Planeten, die etwa 63 Grade betragen mag, kennen gelernt habe. Sucht man dann die heliocentrische Länge des Planeten für dieselbe Zeit, so hat man an der Linie ♈*S*, in dem Punkte *S*, die gerade Linie *SB* unter dem Winkel ♈*SB* = 63° zu ziehen, und mit dieser Linie eine zweite durch *T* parallel, dann wird diese zweite Linie die kreisförmige Bahn des Planeten in irgend einem Punkte *P* schneiden, und dieser Punkt *P* wird der gesuchte Ort des Planeten in seiner Bahn sein. Zieht man daher die Linie *PS*, so wird der Winkel ♈*SP*, hier nahe gleich 50 Graden, die gesuchte heliocentrische Länge des Planeten geben.

Ist aber umgekehrt für irgend eine Zeit die heliocentrische Länge der Erde 30°, und die heliocentrische Länge des Planeten 50° gegeben, so kennt man dadurch die Lage der zwei Punkte *T* und *P* in den Bahnen dieser beiden Planeten. Verbindet man sie durch die gerade Linie *TP*, und zieht man mit ihr durch *S* die Gerade *SP*, welche den äussersten Kreis der Zeichnung in dem Punkte 63° trifft, so erhellt, dass die gesuchte geocentrische Länge des Planeten 63 Grade beträgt. Durch dieses Verfahren erhält man auch zugleich die Grösse der Linie *TP* oder die Entfernung des Planeten von der Erde.

Man kann noch bemerken, dass in dem Dreiecke *STP* der Winkel *TSP* an der Sonne, oder die Commutation, gleich ist der heliocentrischen Länge des Planeten weniger der heliocentrischen Länge der Erde, der Winkel *SPT* am Planeten aber, oder die jährliche Parallaxe, ist gleich der geocentrischen Länge weniger der heliocentrischen Länge des Planeten, und endlich der Winkel *STP* an der Erde, oder die Elongation, ist gleich 180°, mehr der heliocentrischen Länge der Erde, weniger der geocentrischen Länge des Planeten.

Da man von der Erde aus die Sonne immer an einem Punkte des Himmels sieht, der jenem Punkte gerade gegenüber liegt, an welchem man von der Sonne aus die Erde am Himmel sehen würde, und da beide Punkte immer in der Ebene der Ekliptik liegen, so ist die geocentrische Breite der Sonne (Einl. §. 22), so wie die heliocentrische Breite der Erde immer gleich Null, und die heliocentrische Länge der Erde immer gleich 180° mehr der geocentrischen Länge der Sonne; die heliocentrische

Declination der Erde aber ist immer gleich der geocentrischen Declination der Sonne, aber südlich, wenn jene nördlich ist, und umgekehrt, so dass z. B. der geocentrischen nördlichen Declination der Sonne von 20 Graden die heliocentrische südliche Declination der Erde von 20 Graden entspricht.

§. 112. (Theorie der Planeten in ihrer grössten Einfachheit.) Die Auflösung dieser beiden Aufgaben, besonders die der ersten, bildet ein Hauptgeschäft des praktischen Astronomen, dem es vorzüglich darum zu thun ist, die Bewegung der Planeten um die Sonne, durch fortgesetzte Beobachtungen, mit der grössten Genauigkeit kennen zu lernen. Indem er nämlich aus der, durch die Beobachtung unmittelbar erhaltenen, geocentrischen Länge des Planeten die heliocentrische Länge desselben ableitet, und diese letzte mit der durch die Theorie erhaltenen, heliocentrischen Länge des Planeten vergleicht, findet er unmittelbar den Fehler, dem die Theorie etwa noch unterworfen ist, und ist daher im Stande, diesen Fehler zu verbessern.

Welches ist aber diese Theorie der heliocentrischen Bewegung, mit welcher man die beobachteten geocentrischen Längen vergleichen soll?

Wenn wir die heliocentrischen Bewegungen aus dem einfachen Gesichtspunkte betrachten, aus welchem wir sie bisher betrachtet haben, so besteht diese ganze Theorie in einer sehr leichten und kurzen Rechnung. Wenn nämlich die Planeten alle in der That, wie wir bisher vorausgesetzt haben, um die Sonne concentrische Kreise beschreiben, deren Ebenen mit der Ekliptik zusammenfallen, so braucht man, da in jedem Kreise die Bewegung nicht anders als gleichförmig sein kann, nur die Geschwindigkeit des Planeten und einen einzigen Punkt seiner Bahn zu kennen, den er, für eine gegebene Zeit, von der Sonne gesehen, eingenommen hat, um daraus sofort, mittelst einer einfachen Addition oder Subtraktion, den heliocentrischen Ort des Planeten für jede andere Zeit abzuleiten. Wäre z. B. die heliocentrische Länge eines Planeten am 1. Januar Mittags in Wien gleich 10 Graden, und betrüge seine tägliche Bewegung einen Grad, so wird seine heliocentrische Länge am 20. Mai, oder am 140sten Tage nach dem 1. Januar, gleich $10 + 140 = 150$ Grade, und am 20. September, oder am 263sten Tage, gleich $10 + 263 = 273$ Grade betragen, und so fort für jeden andern Tag.

Diese sogenannte Theorie der Planeten hängt also, in ihrer grössten Einfachheit, bloss von zwei Dingen ab: erstens von der Kenntniss einer heliocentrischen Länge für eine gegebene Zeit, welche Länge man die Epoche des Planeten nennt, und zweitens von der Kenntniss seiner Umlaufszeit um die Sonne, aus welcher man dann leicht die tägliche oder stündliche Bewegung desselben finden kann. Diese zwei Elemente jeder Planetenbahn sind es, die man durch die oben erwähnten Beobachtungen mit der grössten Genauigkeit bestimmen soll.

§. 113. (Epoche und mittlere Bewegung der Planeten.) Die Revolutionen der Planeten sind bereits oben (§. 97) gegeben worden, und wenn man die Zahl 360 durch sie dividirt, so erhält man die tägliche Bewegung der Planeten in heliocentrischer Länge in Graden ausgedrückt. Allein man muss bemerken, dass jene Revolutionen siderische sind, oder dass sie die Umlaufszeit der Planeten um die Sonne in Beziehung auf einen Fixstern, d. h. auf irgend einen festen Punkt des Himmels ausdrücken. Hier aber handelt es sich um die heliocentrischen Längen, die alle von

dem Nachtgleichenpunkte gezählt werden, und da dieser Nachtgleichenpunkt, wie wir später sehen werden, sich selbst, obgleich sehr langsam, nämlich in jedem Jahre um 50″.2113 oder um 0°.01394, von Ost gegen West bewegt, so werden die Umlaufszeiten, in Beziehung auf diesen Punkt, oder, wie man sie nennt, die tropischen Umlaufszeiten der Planeten sämmtlich etwas kleiner ausfallen als die siderischen. Dieser Unterschied beträgt bei der Venus nur 0.0053, bei der Erde 0.0142, bei Mars 0.0499 und bei Uranus schon 99.91 Tage. Die Tafel am Ende des Werkes enthält die Epochen der grösseren Planeten und die täglichen Aenderungen ihrer heliocentrischen Längen. Man findet da, ohne einstweilen auf nähere bei der Tafel selbst gegebene Erläuterungen einzugehen, dass z. B. Merkur am 1. Jänner 1850 in Länge 327° 15′ stand und sich täglich um 14733″ bewegte; dieselben Zahlen für Venus sind: 245° 33′ und 5768″ u. s. w.

§. 114. (Neigung und Knoten der Planetenbahnen.) Es wird aber gut sein, schon hier zu bemerken, dass diese Auflösung unseres Problems noch in manchen Beziehungen sehr unvollständig ist. Wir haben, um nur des wichtigsten Mangels desselben zu erwähnen, vorausgesetzt, dass die kreisförmigen Planetenbahnen alle in der Ebene der Ekliptik liegen, was der Wahrheit nicht gemäss ist. Sie liegen zwar in Ebenen, die sämmtlich durch den Mittelpunkt der Sonne gehen, aber diese Ebenen sind, die eine mehr die andere weniger, gegen die Ebene der Ekliptik geneigt, und diese Neigung wird, wie es für sich klar ist, auch den Ort des Himmels, an welchem man den Planeten von der Sonne oder von der Erde aus beobachtet, verändern, daher man auch auf sie Rücksicht nehmen muss.

Wir haben bereits oben (§. 97) gesagt, dass man die gerade, durch den Mittelpunkt der Sonne gehende Linie, in welcher die Ebene der Planetenbahn die der Ekliptik schneidet, die Knotenlinie, und den einen Punkt derselben, wo sie, verlängert, die Sphäre des Himmels trifft, den aufsteigenden Knoten der Bahn nennt. Zieht man dann, durch irgend einen Punkt dieser Knotenlinie, zwei auf dieselbe senkrechte Gerade, von welchen die eine in der Ebene der Ekliptik, und die andere in der Ebene der Planetenbahn liegt, so heisst der Winkel, welchen diese beiden Geraden mit einander bilden, die Neigung der Planetenbahn. Diess sind also zwei neue Elemente, Neigung der Bahn und Länge des Knotens, die man ebenfalls kennen oder durch Beobachtungen genau bestimmen muss, um jenes Problem gehörig auflösen zu können.

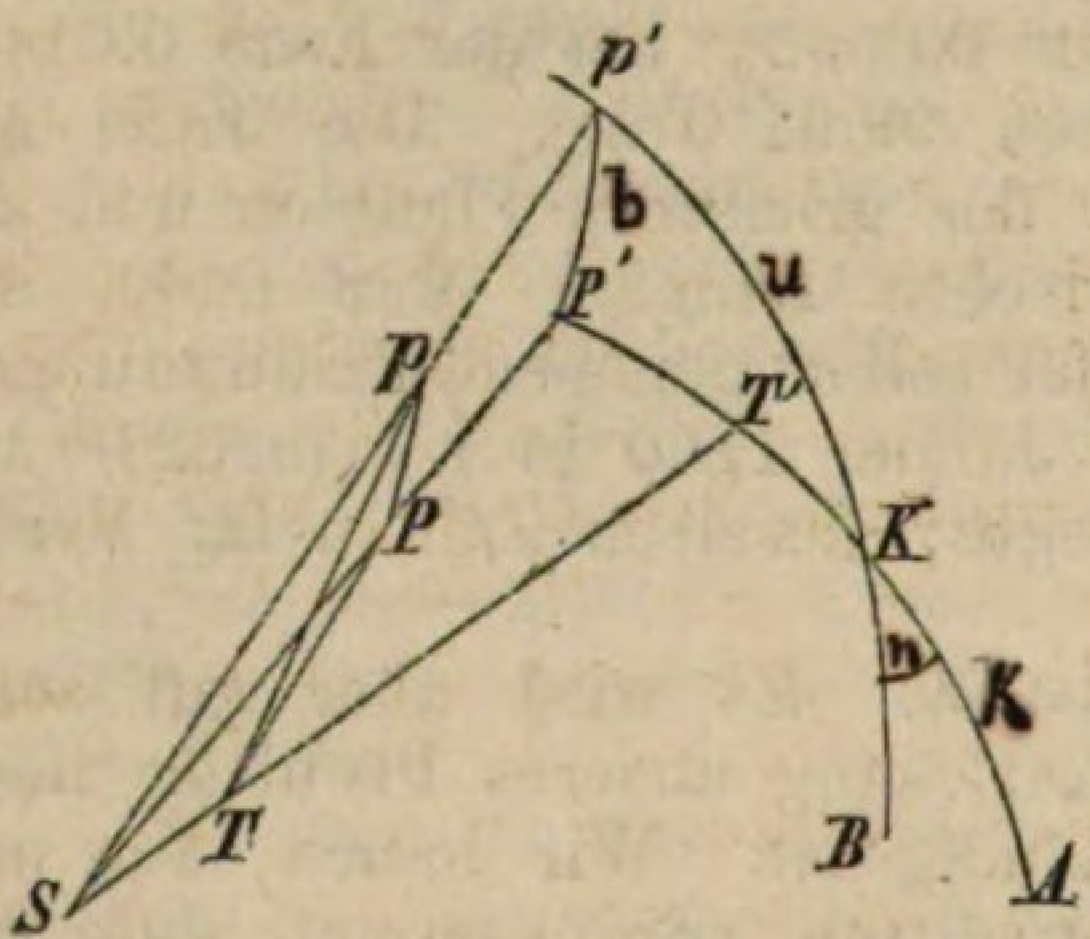
Die Tafel am Ende des Werkes gibt die Länge des aufsteigenden Knotens der Planetenbahnen (§. 97) und ihre Neigungen gegen die Ekliptik für die Zeiten der Epochen. Man findet so z. B. für Merkur Länge des aufsteigenden Knotens 46° 33′, Neigung 7° 0′; für Venus 75° 20′ und 3° 24′ u. s. w.

§. 115. (Länge des Planeten in der Bahn und in der Ekliptik, Breite und Argument der Breite.) Durch diese Neigungen der Planetenbahnen gegen die Ekliptik werden nun die vorhergehenden Auflösungen unserer Aufgaben etwas geändert. Wir wollen sie daher noch einmal vornehmen.

Zu diesem Zwecke sei wieder *S* (Fig. 28) die Sonne, *T* die Erde und *p* der Planet, der letzte irgendwo ausser der Ekliptik, während Sonne und Erde immer in derselben liegen. Die Ebene der Ekliptik

schneide erweitert die Fläche des Himmels in dem grössten Kreise AKP' und die Ebene der Planetenbahn, die, nach dem Vorhergehenden, immer durch den Mittelpunkt der Sonne S geht, treffe die Himmelsfläche in dem grössten Kreise BKp', so dass also der Durchschnittspunkt K beider Kreise der aufsteigende Knoten der Planetenbahn und der Winkel AKB, welchen beide Kreise mit einander bilden, die Neigung dieser Bahn gegen die Ekliptik ist.

Fig. 28.



Sei der Punkt A der Ekliptik der Frühlingspunkt, von welchem alle Längen in der Richtung AK, oder von West gen Ost gezählt werden. Man nehme auf der Planetenbahn, rückwärts von K, den Bogen KB gleich dem Bogen KA, so wird dieser Bogen KA oder KB gleich der Länge des aufsteigenden Knotens der Bahn sein, die durch unsere Tafel für jede gegebene Zeit als bekannt angesehen werden kann. Wir wollen diese Länge des Knotens durch k, und die Neigung der Bahn oder den Winkel $AKB = P'Kp'$ durch n bezeichnen.

Diess vorausgesetzt, verlängern wir nun die geraden Linien ST und Sp, welche die Sonne mit der Erde und mit den Planeten verbinden, bis sie der Fläche des Himmels, die erste in dem Punkte T', und die zweite in dem Punkte p' begegnen, so wird der Bogen AT' die Länge der Erde in der Ekliptik bezeichnen, und analog mit dieser Bezeichnung wird man den Bogen Bp' die Länge des Planeten in der Bahn nennen. Zieht man noch durch den Punkt p' des Planetenortes einen grössten, auf die Ekliptik senkrechten Kreis oder einen Breitenkreis $p'P'$, der die Ekliptik in P' schneidet, so wird, der eingeführten Benennung gemäss (Einl. §. 22. *II.*), dieser senkrechte Bogen $p'P'$ die Breite des Planeten, und der Bogen AP' in der Ekliptik die eigentliche Länge des Planeten sein, die man auch, zum Unterschiede mit obiger Länge in der Bahn, die gleich Bp' war, die reducirte Länge oder die Länge des Planeten in der Ekliptik heisst.

Die oben (§. 113) besprochenen und in der Tafel am Ende des Werkes gegebenen mittleren Längen der Epochen sind Längen in der Bahn. Ihren Zusammenhang mit den hier gemeinten Längen des Planeten in der Bahn werden wir später erfahren (§. 138).

Man sieht von selbst, dass die Breite $p'P'$ des Planeten unmittelbar von der Grösse des Bogens Kp' der Bahn, der zwischen dem Ort p' des Planeten und zwischen dem aufsteigenden Knoten K enthalten ist, abhängt, daher auch dieser Bogen Kp' das Argument der Breite heisst. Man erhält dieses Argument der Breite, wenn man von der Länge Bp' des Planeten in der Bahn die Länge k des Knotens (§. 114) subtrahirt. — Diess vorausgesetzt, gehen wir nun wieder zu unseren vorhergehenden Aufgaben zurück.

§. 116. (Theorie der Planeten, mit Rücksicht auf die Neigung ihrer Bahnen.) Um die heliocentrische Länge $AP' = l$ eines Planeten in der Ekliptik und um seine heliocentrische Breite $P'p' = b$ für jede angegebene Zeit zu finden,

wird man zuerst die Länge *Bp'* des Planeten in der Bahn, und die Länge k des aufsteigenden Knotens, so wie die Neigung n der Bahn suchen. Die Länge in der Bahn weniger k gibt dann das Argument der Breite *Kp'*, welches wir, der Kürze wegen, u nennen wollen.

Kennt man so die Grösse u nebst n und k, so findet man in dem bei *P'* rechtwinkeligen, sphärischen Dreiecke *P'Kp'* (§. 49 und 53) die beiden gesuchten Grössen l und b auf folgende Weise.

Der Cosinus (Einl. §. 32) von n, multiplicirt mit der Tangente von u, gibt die Tangente von $l - k$, also auch den Winkel $l - k$, und da man k schon kennt, die Grösse l selbst. Ebenso gibt der Sinus von n, multiplicirt mit dem Sinus von u, den Sinus von b, also auch diese Grösse b selbst.

Hätte man z. B. für Saturn am 12. November 1835 im Pariser Mittag die Länge in der Bahn $Bp' = 207^0\,51'$, und die Länge des Knotens (§. 114) $k = 112^0\,14'$, so gäbe beider Unterschied das Argument der Breite $u = 95^0\,37'$.

Sucht man nun mit diesem Werthe von u und mit der Neigung $n = 2^0\,29'.6$ der Saturnsbahn gegen die Ekliptik, nach den soeben angeführten Ausdrücken, die Grössen l und b, so erhält man

$$\begin{array}{rcl} l - k &=& 95^0\,37' \\ k &=& 112^0\,14' \\ \hline l &=& 207^0\,51' \end{array} \text{ und } b = +\,2^0\,29'.$$

Da hier das Argument der Breite so nahe an 90^0, oder da der Planet sehr nahe in der Mitte zwischen seinen beiden Knoten steht, so ist $u = Kp'$ von $l - k = KP'$ und ebenso die reducirte Länge l von der Länge in der Bahn *Bp'* erst in den Sekunden verschieden.

§. 117. (Ableitung des geocentrischen Ortes aus dem heliocentrischen.) Da wir nun die heliocentrische Länge $AP' = l$ in der Ekliptik und Breite $P'p' = b$ des Planeten kennen, so wird es nicht mehr schwer sein, auch die geocentrische Länge λ und Breite β desselben zu finden. Man könnte sich dazu desselben graphischen Verfahrens bedienen, welches wir schon oben (§. 111) angewendet haben. Allein da dieses keine grosse Genauigkeit gewährt, und überdiess hier, wegen der Rücksicht auf die Neigung der Planetenbahn, weniger bequem ist, so wird es besser sein, auch hier die unmittelbare Rechnung anzuwenden.

Es sei also wieder $L = AST'$ oder AT' die Länge der Erde, und $R = ST$ so wie $r = Sp$ der Halbmesser der Erd- und der Planetenbahn. Man suche zuerst die Grösse $r\, Cos\, b$, die wir, der Kürze wegen, r' nennen. Nach §. 111 ist der Winkel *TSP* an der Sonne oder die Commutation gleich $l - L$, also eine bekannte Grösse, die wir C nennen wollen. Sucht man nun die Grösse $r'\, Sin\, C$ und dividirt sie durch $r'\, Cos\, C - R$, so erhält man die Tangente von $\lambda - L$, also auch, da L bekannt ist, die gesuchte geocentrische Länge λ des Planeten.

Multiplicirt man dann den Sinus des Winkels $\lambda - L$ durch die Tangente der heliocentrischen Breite b, und dividirt man das Produkt durch $Sin\, C$, so erhält man sofort auch die Tangente von β oder die geocentrische Breite β des Planeten.

Wenden wir diess auf unser vorhergehendes Beispiel an, so haben wir für den 12. November 1835 gefunden:

hel. Länge Saturns $l = 207^0\ 51'$
hel. Breite $b = 2^0\ 29'$.

Der Halbmesser r der Saturnsbahn ist (nach der Tafel des §. 97) gleich 9.539, während der der Erdbahn $R = 1$ ist. Die Länge der Erde aber, für dieselbe Zeit, ist $L = 49^0\ 22'$. Diess vorausgesetzt hat man $r' = 9.530$, $l - L = 158^0\ 29'$ und daher die geocentrische Länge $\lambda = 209^0\ 51'$ und die geocentrische, nördliche Breite des Planeten $\beta = 2^0\ 16'$.

Man könnte nun noch die Frage aufwerfen, wie man, wenn auf diese Weise die Länge und Breite eines Planeten oder eines Gestirns überhaupt bekannt ist, auch die Rectascension und Declination (Einl. §. 22) desselben finden kann. Es ist bereits oben (§. 53) gesagt worden, dass man in der Geometrie eigene Methoden hat, durch welche man, wenn drei Stücke eines sphärischen Dreiecks auf der Oberfläche der Kugel gegeben sind, auch die übrigen drei durch Rechnung finden kann, und dass man die Lehre dieser Methoden die sphärische Trigonometrie zu nennen pflegt. Bezeichnet aber N und E (Fig. 2) den Pol des Aequators und der Ekliptik, und ist S' irgend ein Stern, so hat man in dem sphärischen Dreiecke NES' zwischen diesen drei Punkten den Bogen NE gleich der bekannten Schiefe der Ekliptik, NS' gleich 90^0 weniger der Declination, und ES' gleich 90^0 weniger der Breite des Sterns (Einl. §. 22. *II.*). Da ferner, wenn V den Frühlingspunkt bezeichnet, die beiden Winkel VEN und VNE jeder gleich 90^0, und da $VL' = VES'$ die Länge und $VQ' = VNS'$ die Rectascension des Sterns S' ist, so ist auch in dem Dreiecke NES' der Winkel NES' gleich 90^0 weniger der Länge, und der Winkel ENS' gleich 90^0 mehr der Rectascension des Gestirns S'. — Ist also Länge und Breite eines Sterns und die Schiefe der Ekliptik gegeben, so kennt man in dem Dreiecke NES' die zwei Seiten EN und ES' mit ihrem eingeschlossenen Winkel E, und kann daher aus diesen drei Stücken alle übrigen finden, also auch die Declination $= 90^0$ weniger NS', und die Rectascension $= N$ weniger 90^0. Wäre aber umgekehrt die Rectascension und Declination des Sterns nebst der Schiefe der Ekliptik gegeben, so kennt man die Grössen NE, NS' und ENS', also wieder zwei Seiten mit dem eingeschlossenen Winkel, woraus man daher, durch dieselben analytischen Ausdrücke, auch die Länge $= 90^0 - NES'$ und die Breite $= 90^0 - ES'$ des Sterns S' finden wird.

§. 118. (Correction der Elemente der Planetenbahnen.) Auf diese Weise also kann man, wenn die Elemente der Planetenbahn bekannt sind, wie man sieht, durch blosse Rechnung für jede gegebene Zeit die geocentrische Länge und Breite eines Planeten finden. Hat man nun in derselben Zeit auch den Planeten in der That beobachtet, so müssen diese beiden Grössen, die berechnete und die beobachtete Länge und Breite des Planeten, übereinstimmen, wenn anders die Beobachtung gut, und die der Rechnung zu Grunde liegenden Elemente richtig sind. Gesetzt, man hätte aber die geocentrische Länge $\lambda' = 209^0\ 2'$ und die geocentrische Breite $\beta = 2^0\ 13'$ beobachtet, also jene um $2'$ grösser, und diese um $3'$ kleiner, als sie durch die vorhergehende Rechnung erhalten würden, zum Beweise, dass, wenn die Beobachtung gut ist, die Elemente nicht genau richtig sein können, und daher noch einer weiteren Verbesserung bedürfen. Dieser Elemente sind aber jetzt nicht mehr zwei, wie in §. 112,

sondern vier, nämlich *I.* die Epoche oder die vorausgesetzte Länge des Planeten für irgend eine gegebene Zeit. *II.* Die Umlaufszeit oder, was dasselbe ist, die tägliche Geschwindigkeit desselben. *III.* Die Lage der Durchschnittslinie seiner Bahn mit der Ekliptik oder die Länge des Knotens, und endlich *IV.* die Neigung dieser Bahn gegen die Ekliptik.

Man könnte glauben, dass auch noch der Halbmesser der Planetenbahn als ein neues Element betrachtet werden müsse, da von ihm die Grösse des Kreises abhängt, welchen der Planet um die Sonne beschreibt. Allein da durch das bereits oben (§. 58) erwähnte Gesetz Kepler's die Halbmesser der Bahnen gegeben sind, sobald die Umlaufszeiten bekannt sind, so ist es, da wir die Umlaufszeiten schon in *II.* berücksichtigt haben, überflüssig, diese Halbmesser noch besonders zu beachten. Auch muss man bemerken, dass bei jenen Rechnungen die Länge der Erde oder die Grösse L einen sehr wesentlichen Einfluss auf das Endresultat derselben hat, da der geringste Fehler in L oft schon einen sehr grossen in λ oder β zur Folge haben kann. Man setzt voraus, dass der Astronom, ehe er an das schwierige Geschäft der Correction der Planeten-Elemente geht, die Theorie der Sonne durch ähnliche, vorhergegangene Arbeiten, schon so weit vervollkommnet habe, dass er im Stande ist, für jeden Augenblick den Ort der Sonne oder, was dasselbe ist, der Erde, mit aller hier nothwendigen Genauigkeit anzugeben.

Es bleibt ihm sonach nur noch die Frage zu beantworten übrig, wie viel jedes der eben angeführten vier Elemente der Planetenbahn geändert werden müsse, damit nicht nur die eine oben mitgetheilte, sondern damit überhaupt alle über den Planeten angestellten und als gut erkannten Beobachtungen mit der Theorie desselben vollkommen übereinstimmen. Es würde leicht sein, irgend eines dieser Elemente so zu ändern, dass dadurch unsere obige Beobachtung genau dargestellt wird. Allein dadurch würde man sich vielleicht wieder desto mehr von den übrigen Beobachtungen entfernen, die doch, durch jene Elemente, alle gleich gut dargestellt werden sollen. Es ist hier nicht der Ort, die Leser mit diesem eben so wichtigen als schwierigen Geschäfte der Astronomie näher bekannt zu machen und es genügt, nur den Weg gezeigt zu haben, auf welchem man diesen Zweck erreichen kann, worauf wir uns hier um so mehr beschränken müssen, da wir noch nicht mit allen Eigenheiten der planetarischen Bewegungen bekannt sind, und da das Kopernicanische System, seiner grossen unbestreitbaren Vorzüge ungeachtet, doch noch nicht eigentlich das wahre System der Natur ist, sondern noch einer sehr wichtigen Verbesserung als Zusatz bedarf (§. 123).

§. 119. (Beobachtung der Distanzen der Planeten.) Wir haben oben (§. 109) bemerkt, dass zur Zeit der grössten Digression der untern Planeten die Richtung seiner Bewegung oder die Tangente seiner Bahn nahe gerade auf die Erde zugeht. Diess gibt ein einfaches Mittel, die Distanz des Planeten von der Sonne zu finden. Hat man nämlich eine solche grösste Distanz beobachtet, wo der untere Planet in *II* (Fig. 27) und die Erde in 2 ist, so ist in dem Dreiecke *SII*2 der Winkel an *II* ein rechter Winkel, und der Winkel an 2 ist unmittelbar durch die Beobachtung gegeben, da er gleich der Differenz der geocentrischen Längen des

Planeten und der Sonne ist. Der Sinus dieses Winkels ist daher gleich *SII* dividirt durch *S*2, und dadurch ist also das Verhältniss der Halbmesser der beiden Kreise, also auch der Halbmesser *SII* der Planetenbahn bekannt, wenn jener der Erde, wie gewöhnlich, für die Einheit genommen wird.

Dasselbe Verfahren lässt sich auch mit einer geringen Abänderung auf den Mond anwenden. Zur Zeit seiner Quadraturen oder in dem Augenblicke des ersten und letzten Viertels steht die Linie, welche seinen Mittelpunkt mit dem der Sonne verbindet, senkrecht auf derjenigen Geraden, welche durch seinen und durch den Mittelpunkt der Erde geht. Man erkennt diesen Moment daran, dass die Oberfläche des Mondes genau zur Hälfte beleuchtet ist, oder dass die Lichtgrenze, welche den dunklen Theil desselben von dem beleuchteten trennt, und die sonst immer eine convexe oder concave Kurve ist, in eine gerade Linie übergeht. Da man nun in diesem Momente den Winkel messen kann, welchen die beiden Gesichtslinien nach dem Monde und nach der Sonne in dem Auge des Beobachters bilden, so wird die Entfernung des Mondes von der Erde aus dem Producte der Entfernung der Erde von der Sonne in den Cosinus jenes Winkels gefunden. Es ist aber sehr schwer, den Augenblick mit Schärfe zu beobachten, wo jene Lichtgrenze des Mondes genau eine gerade Linie, oder wo die untern Planeten in dem Punkte ihrer grössten Digression sind, daher auch diese Messung der Distanzen sehr unsicher ist. Indess verdanken wir doch jener Methode die ersten genäherten Kenntnisse dieser Entfernungen.

§. 120. (Bestimmung der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne.) Wir haben bereits oben (§. 97) ein Mittel angegeben, die siderische Umlaufszeit eines Planeten durch die Beobachtung seiner Durchgänge durch die Knotenlinie zu bestimmen. Da aber diese Umlaufszeiten zu den wichtigsten Elementen der Planetenbahnen gehören, da ihre Beobachtung, mit gehöriger Sorgfalt angestellt, grosse Sicherheit gewährt, und da endlich auch, nach dem schon öfter angeführten Gesetze Kepler's, die so wichtigen Halbmesser der Planetenbahnen unmittelbar durch jene Umlaufszeiten gegeben werden, so wird es nicht unangemessen sein, noch ein anderes Mittel zur Bestimmung dieser Zeiten hier beizufügen.

Die Durchgänge der Planeten durch die Knoten sind nämlich bei den meisten Planeten nur schwer mit Schärfe zu beobachten, da die Neigungen ihrer Bahnen so klein sind, und daher die Planeten die Ekliptik nur in sehr schiefer Richtung durchschneiden. Auch sind diese Knoten verschiedenen Bewegungen unterworfen, die selbst noch jetzt nicht völlig genau bekannt sind. Aus beiden Ursachen ist jene Bestimmung der Umlaufszeiten noch etwas unverlässlich.

Bemerken wir zuerst, dass die siderischen Revolutionen der Planeten die eigentlichen oder wahren Umlaufszeiten derselben um die Sonne sind, da sie die Zeit bezeichnen, in welcher der Planet von der Sonne aus gesehen, wieder zu demselben festen Punkt des Himmels zurückkommt, in welcher er also in der That volle 360 Grade um die Sonne zurückgelegt hat. Die tropische Revolution im Gegentheile (§. 113) ist die Zeit, in welcher der Planet wieder zur Frühlingsnachtgleiche zurück kommt, so wie die synodische Revolution (§. 95) die Zeit zwischen zwei nächsten Conjunctionen des Planeten mit der Sonne ist.

Da aber der Frühlingspunkt sowohl als auch die Sonne selbst eine eigene Bewegung am Himmel hat, so werden die letztgenannten Revolutionen von der siderischen verschieden sein. Es gibt jedoch ein sehr leichtes Mittel, sie alle unter einander zu verwandeln. Aus §. 113 weiss man, dass die tägliche, rückgängige, siderische Bewegung des Frühlingspunkts $0^0.0000381$, und dass die tägliche, direkte, tropische Bewegung der Sonne oder der Erde $0^0.98565$ beträgt. Dividirt man diese Zahlen durch 360, so erhält man 0.000000106 und 0.002738. Ist nun A die siderische Revolution eines Planeten, so erhält man die tropische Revolution desselben, wenn man A durch $1 + 0.000000106\ A$ dividirt. Und ist eben so B die tropische Revolution, so erhält man die synodische, wenn man B durch $1 - 0.002738\ B$ dividirt. So ist z. B. für Mars (nach der Tafel am Ende des Werkes) die siderische Revolution 686.9798 Tage, also hat man auch für die tropische Revolution dieses Planeten 686.9297, und für die synodische 779 Tage, wie wir letztere auch schon §. 95 beiläufig angegeben haben.

§. 121. (Beobachtung der synodischen Revolutionen.) Um nun irgend eine dieser Umlaufszeiten durch unmittelbare Beobachtung zu bestimmen, woraus dann alle andern durch Rechnung gefunden werden, wird es nothwendig sein, zwei heliocentrische Orte des Planeten mit der Zwischenzeit zu kennen, welche, während der Planet von dem einen dieser Orte zu dem andern gekommen, verflossen ist. Es ist klar, dass man dadurch sofort die Umlaufszeit des Planeten erhält. Denn wären z. B. jene beiden heliocentrischen Längen 60^0 und 210^0, und wäre die Zwischenzeit der Beobachtung 100 Tage, so hätte man für die tropische Revolution des Planeten $\frac{360 \times 100}{150} = 240$ Tage. — Woher soll man aber diese heliocentrischen oder von der Sonne gesehenen Orte erhalten, da wir die Planeten nur von der Erde beobachten können?

Zu diesem Zwecke wird man entweder nach §. 111 verfahren oder den Planeten zur Zeit seiner Opposition, wenn es ein unterer Planet ist zur Zeit einer seiner beiden Conjunctionen beobachten. Da nämlich in diesen Fällen die von der Erde gesehene Länge des Planeten der von der Sonne gesehenen entweder gleich oder genau 180 Grade von ihr verschieden ist (§. 73), so erhält man dadurch sofort die gesuchten heliocentrischen Längen. Hat man daher zwei nächste Oppositionen des Planeten mit der Sonne beobachtet, so würde die Zwischenzeit beider Beobachtungen auch zugleich die synodische Revolution des Planeten sein, woraus man dann die tropische und siderische Revolution desselben durch die oben (§. 120) angeführten Rechnungen leicht finden kann.

Allein man wird bald erkennen, dass die synodischen Revolutionen, welche man auf diese Weise erhält, beträchtlich verschieden sind, wenn man verschiedene Paare von Oppositionen unter sich vergleicht. Diese Differenzen sind zu gross, als dass man sie den Beobachtungsfehlern zuschreiben dürfte, da man in der That die Zeiten und Orte dieser Oppositionen mit grosser Genauigkeit beobachten kann. Man muss daher voraussetzen, dass uns die Bewegungen der Planeten noch nicht vollständig bekannt sind, dass ihre Geschwindigkeiten vielleicht nicht gleichförmig, oder dass ihre Bahnen um die Sonne vielleicht keine Kreise

sind, wie wir doch bisher angenommen haben. So viel ist indess doch immer klar, dass die Abweichungen der Planeten von der gleichförmigen Bewegung in einem Kreise wenigstens nicht gross sind, und dass wir, bei einer ersten Annäherung, uns jene Annahme wohl erlauben können. Da aber die Bestimmung der Umlaufszeit so wichtig ist, und da sie gleichsam aller weitern Ausbildung der Planetentheorie vorausgehen muss, so muss man auf Mittel bedacht sein, diese Umlaufszeiten ganz unabhängig von einer genauern Kenntniss der übrigen Ungleichheiten zu erhalten, welchen die Bewegungen der Planeten etwa noch unterworfen sein könnten.

§. 122. (Benutzung der älteren Beobachtungen.) Dazu gibt es aber keinen besseren Weg, als zwei in der Zeit sehr weit von einander entfernte Oppositionen zu wählen, um aus ihnen die wahre synodische Revolution abzuleiten, vorausgesetzt, dass man bereits einen genäherten Werth derselben kennt. Dann werden nämlich die Fehler, die man entweder bei den Beobachtungen selbst oder die man dadurch begangen hat, dass man die Bewegungen des Planeten vollkommen gleichförmig voraussetzte, da sie dieses doch vielleicht nur beinahe sind, durch die grosse Zwischenzeit der beiden Beobachtungen ungemein vermindert, wie wir diess am besten durch ein Beispiel sehen werden.

Wir haben bereits oben (§. 49. *I.*) der ältesten Beobachtung, die auf uns gekommen ist, vom Jahre 1100 vor unserer Zeitrechnung, Erwähnung gethan. Nehmen wir an, es sei uns von demselben Jahre auch die Opposition eines Planeten erhalten worden, die am 20. November alten Styls 1100 vor Chr. im Augenblicke des Mittags in Peking Statt gefunden hätte. Gesetzt in dem Jahre 1834 sei am 22. Mai neuen Styls zur Zeit, wo es an diesem Tage wieder in Peking Mittag ist, eine andere Opposition desselben Planeten irgendwo in Europa beobachtet worden, und man wüsste bereits, dass die synodische Revolution dieses Planeten nahe 535¾ Tage betrage. Die Zwischenzeit zwischen beiden Beobachtungen betrüge an sich 2933 Jahre und 183 Tage, oder da das Julianische Jahr 365¼ Tage hat, und da der neue oder Gregorianische Styl in dem gegenwärtigen Jahrhundert um 12 Tage vor dem alten Style voraus ist, eigentlich 2933 Jahre und 171 Tage oder 1071449.25 Tage. Da nun die synodische Revolution dieses Planeten nahe 535.75 Tage betragen soll, so sind in dieser Zwischenzeit volle 2000 synodische Revolutionen vorübergegangen, und man wird daher die wahre Dauer einer solchen Revolution erhalten, wenn man die Zahl 1071449.25 durch 2000 dividirt. Diess gibt für die gesuchte wahre synodische Revolution 535.724625 Tage. — Nehmen wir nun an, die erste jener beiden Beobachtungen wäre fehlerhaft, und volle 6 Stunden zu spät beobachtet worden, so würde die wahre Zwischenzeit zwischen beiden Beobachtungen ebenfalls um 6 Stunden grösser, und daher gleich 1071449.5 Tage gewesen sein. Dividirt man auch diese Zahl wieder durch die Anzahl der Revolution oder durch 2000, so erhält man für die wahre synodische Revolution des Planeten 535.72475 Tage, also nur 0.000125 Tage oder 10.8 Sekunden mehr als zuvor. Jener Fehler von sechs Stunden ist also hier, durch die grosse Zwischenzeit, auf 10.8 Sekunden, d. h. auf seinen 2000sten Theil herab gebracht worden.

Aus dieser Ursache haben auch die Griechen, welchen dieser Vor-

theil der ältern Beobachtungen zu jenem Zwecke nicht entgangen war, die Umlaufszeiten der ihnen bekannten Planeten bereits mit so grosser Genauigkeit bestimmt, dass die neueren Astronomen an den Revolutionen, die Ptolemäus in seinem Almagest mitgetheilt hat, nur sehr wenig mehr zu verbessern fanden. Solche in der Zeit sehr weit von uns entfernte Beobachtungen würden auch noch zu anderen interessanten Untersuchungen sehr wichtig sein, allein sie sind meistens wieder so unvollkommen, dass man sich ihrer nicht immer wie hier mit Sicherheit bedienen kann. Unsere wahrhaft guten und zuverlässigen Beobachtungen beginnen erst mit dem Anfange oder genauer in der Mitte des verflossenen achtzehnten Jahrhunderts, und unsere Nachkommen werden sie einst mit grossen Vortheilen zu denjenigen Bestimmungen benützen, über welche wir, aus Mangel ähnlicher Hülfsmittel, noch immer in Ungewissheit sind.

Kapitel IX.

Kepler's Gesetze.

§. 123. (Unvollkommenheit des Kopernicanischen Systems.) Kopernicus hatte durch die Aufstellung seines Planetensystems die seit den ältesten Zeiten allgemein angenommenen und gleichsam geheiligten Lehren von der Ruhe der Erde im Mittelpunkte des Weltalls für immer zerstört, und dadurch das grosse Hinderniss weggeräumt, das bisher unsere wahre Erkenntniss des Himmels und alle eigentlichen Fortschritte der Wissenschaft unmöglich gemacht hatte. Er ist dadurch der Gründer oder — vielleicht besser — der eigentliche Veranlasser der neueren Astronomie geworden, aber ohne auch zugleich der Vater derselben zu sein, obschon man ihn oft genug so genannt hat. Denn unser gegenwärtiges System ist nicht das Kopernicanische, so wie es uns sein Erfinder selbst in seinem Werke dargestellt hat. Es ist vielmehr sehr davon verschieden, und diese Verschiedenheit besteht nicht in kleinen Verbesserungen und Zusätzen, sondern in sehr wesentlichen Aenderungen, die ihm, wenn er jetzt wieder käme, sein eigenes System vielleicht selbst unkenntlich machen würden, obschon allerdings die vorzüglichste Idee, die von der täglichen Bewegung der Erde um sich selbst und der jährlichen um die Sonne, aber auch sonst nichts mehr, dem neuen Systeme ebenfalls zu Grunde liegt.

Kopernicus hatte uns gezeigt, dass die grössere jener beiden Anomalieen, die wir bei den Bewegungen der Planeten bemerken, oder dass die sogenannte zweite Ungleichheit (§. 102) nicht den Planeten eigenthümlich, sondern dass sie bloss scheinbar sei, und ihren Grund in der Bewegung der Erde um die Sonne habe; und diess hat er uns auf eine Weise gezeigt, dass fortan Niemand mehr an der Wahrheit seiner Erklärung zweifeln kann, ja dass diese Voraussetzung jeder künftigen Verbesserung oder Erweiterung der Wissenschaft zu Grunde liegen

muss, wenn sie anders auf diese Benennung Anspruch zu machen würdig sein soll.

Allein die erste Ungleichheit (§. 102) liess sich durch die von Kopernicus entdeckte Bewegung der Erde nicht darstellen. Diese Ungleichheit ist den Planeten eigenthümlich, und kein blosser Schein, daher auch die wahre Ursache derselben in der Bewegung der Planeten selbst, nicht ausser ihnen gesucht werden muss. Die Griechen nahmen zu ihrer Erklärung den excentrischen Kreis zu Hülfe, und wir haben bereits (§. 105) gesehen, dass die Bewegung in dem excentrischen Kreise auch durch die in einem concentrischen Kreise, aber mit einem Epicykel vorgestellt werden kann, so wie auch bereits mehr als einmal bemerkt worden ist, dass diese Hypothese nicht einmal die unvollkommenen Beobachtungen der Alten mit hinlänglicher Genauigkeit, und dass sie besonders die Entfernungen der Planeten von der Erde eigentlich gar nicht darstellte.

Kopernicus aber behielt dessenungeachtet diese Hypothese der Griechen bei, so wie er sich auch nicht von der kreisförmigen Gestalt der Planetenbahnen, welche die Griechen als die einzig mögliche erkannt haben wollten, losreissen konnte. Ihm war es genug, den einen der beiden Haupttheile der alten Irrlehren gestürzt zu haben, den wichtigsten vielleicht, oder doch den schädlichsten und gefährlichsten. Der zweite forderte ohne Zweifel mehr geistige Kraft, mehr Kenntnisse und Beharrlichkeit, aber nicht mehr jenen edeln Muth, mit welchem Kopernicus einem für unerschütterlich gehaltenen Irrthume und selbst dem täglichen Zeugnisse der Sinne entgegen trat.

§. 124. (Tycho's Planetensystem.) Eine solche Verbesserung des Kopernicanischen Systems versuchte, ein halbes Jahrhundert nach der Bekanntmachung desselben, Tycho Brahe, einer der grössten praktischen Astronomen, dessen Urtheilskraft aber in den Vorurtheilen seiner Zeit befangen war, und dem die Wahrheit weniger galt, als eine übel begründete Autorität. Zwar konnte auch er die nicht weiter zu bezweifelnde Bewegung der Planeten um die Sonne nicht verkennen, daher er auch Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn in immer grösseren concentrischen Kreisen um die Sonne gehen liess, welche letzte den Mittelpunkt aller dieser Kreise einnahm. Aber diese Sonne war nicht, wie bei Kopernicus, in Ruhe, sondern sie bewegte sich selbst in einem andern Kreise, dessen Mittelpunkt die ruhende Erde einnahm. Er stellte also wieder, wie die Alten, die Erde in den Mittelpunkt des Weltalls, und liess um sie die Sonne gehen, welche letzte zugleich der bewegliche Mittelpunkt anderer Kreise war, in deren Peripherie die übrigen Planeten unmittelbar um die Sonne, und durch diese mittelbar um die Erde sich bewegten. Auf diese Weise glaubte er einen Mittelweg zwischen der Wahrheit, deren innere Kraft er nicht ganz verkennen konnte, und zwischen einem Herkommen, dem er nicht entgegen zu treten wagte, gewonnen, sich mit beiden abgefunden, und vielleicht zugleich seiner Eitelkeit einen Tribut gebracht zu haben, wenn er fortan als der Erfinder eines Systemes gepriesen würde, das wenigstens den Beifall der einen Parthei, um deren Gunst es ihm vorzüglich zu thun war, zu erhalten hoffen konnte. — Aber die immer gerechte Zukunft hat diese Hoffnungen nicht erfüllt. Sein System ist, wie alle früheren und wie alle, die der einmal erkannten Wahrheit widerstreben wollen,

der verdienten Vergessenheit übergeben, und es ist in unseren Tagen kaum mehr einer Erwähnung, und noch weniger einer umständlichen Widerlegung würdig.

§. 125. (Verfahren Kepler's.) Anders verfuhr Kepler, der Zeitgenosse Tycho's. Sein durchdringender Geist erkannte sofort die Wahrheit des Kopernicanischen Systems, d. h. die Bewegung aller Planeten, sammt der Erde, um die ruhende Sonne. Aber er erkannte auch den Mangel, den sein grosser Vorgänger in seinem Systeme noch zurückgelassen hatte, und er fühlte in sich die Kraft und die Ausdauer, diesen Mangel zu ersetzen.

Die für ihre Zeit vortrefflichen Beobachtungen Tycho's, deren Gebrauch für Kepler offen lag, veranlassten ihn, die von Kopernicus aufgestellte Theorie mit diesen Beobachtungen, d. h. unmittelbar mit dem Himmel selbst zu vergleichen, und er überzeugte sich endlich durch zahlreiche und lang fortgesetzte Rechnungen, dass beide mit einander nicht in dem Grade übereinstimmten, wie man es wohl von Tycho's Beobachtungen erwarten konnte, wenn anders jene Theorie selbst der Wahrheit ganz gemäss sein sollte.

Es wurde bereits oben bemerkt, dass Kopernicus durch sein System eigentlich nur die zweite Ungleichheit (§. 102) der planetarischen Bewegung erklärt, und zwar auf eine solche Weise erklärt hatte, dass daran nicht weiter gezweifelt, und dass diese Sache für alle künftigen Zeiten als völlig abgethan betrachtet werden konnte. Aber die Erklärung der ersten Ungleichheit ward dadurch nicht gegeben, und Kopernicus hatte es in seinen Werken nicht einmal gewagt, sie auch nur von ferne zu berühren. — Diese erste Ungleichheit besteht vorzüglich darin, dass die Geschwindigkeiten der Planeten, selbst wenn sie von der Sonne aus beobachtet werden, nicht gleichförmig sind, wie sie doch sein müssten, wenn sie sich in Kreisen bewegten, deren Mittelpunkt die Sonne einnimmt. Die Alten suchten diese Erscheinungen, wie bereits oben gesagt wurde, dadurch zu erklären, dass sie die Sonne ausser den Mittelpunkt jener Kreise versetzten. Sie konnten durch diese excentrischen Kreise allerdings die Veränderungen der Geschwindigkeiten, so weit es die unvollkommenen Beobachtungen jener Zeit erforderten, darstellen, aber sie begegneten dadurch zugleich einer anderen Schwierigkeit, die sich durch dieses Hülfsmittel des excentrischen Kreises nicht entfernen liess, und die, wenn sie ihr die Aufmerksamkeit, die sie verdiente, geschenkt hätten, sie allein schon hätte überzeugen sollen, dass ihre Erklärung nicht die wahre sei, und dass daher ihre excentrischen Kreise als ganz unrichtig verworfen werden müssen (vergl. §. 103).

§. 126. (Veränderung der scheinbaren Durchmesser und der Geschwindigkeiten der Planeten.) Man fand nämlich durch Beobachtungen, dass die Planeten zu derselben Zeit, wo ihre heliocentrische Geschwindigkeit am grössten oder kleinsten ist, auch zugleich, für ein Auge im Mittelpunkte der Sonne, am grössten und kleinsten erscheinen. Am besten sah man diess bei dem Monde, von dem auch die Alten annahmen, dass er sich in einem Kreise bewege, dessen Mittelpunkt die Erde einnimmt. Die grösste stündliche Bewegung des Mondes in Länge ist $0^0.6176$, und für diese Zeit beobachtet man auch den grössten scheinbaren Durchmesser desselben gleich $0^0.553$. Nach einer halben Revolution des Mondes, wäh-

rend diese beiden Grössen immer abnehmen, bemerkt man die kleinste stündliche Bewegung zu 0°.493 und zugleich den kleinsten Durchmesser zu 0°.494. Da uns nun dieselben Grössen, wenn sie uns näher gebracht werden, unter einem grössern Winkel erscheinen und umgekehrt, so glaubten die Griechen dadurch auch sofort jene Erscheinung erklären zu können. Sie nahmen daher an, dass die Erde ausser dem Mittelpunkte der kreisförmigen Mondsbahn liege, und dass der Mond, der um den wahren Mittelpunkt dieses Kreises in immerwährender gleichförmiger Bewegung einhergeht, zur Zeit seiner grössten scheinbaren Geschwindigkeit, die zugleich die Zeit seines grössten scheinbaren Durchmessers ist, in demjenigen Punkte seiner Bahn sei, wo er der Erde am nächsten steht, während er, nach einer halben Revolution, zur Zeit seiner kleinsten Geschwindigkeit und seines kleinsten Durchmessers, in dem von der Erde entferntesten Punkte seiner Bahn stehe, wie wir diess alles bereits oben gesagt haben. Man nannte diese beiden Punkte die Apsiden der Mondsbahn, und zwar jenen, wo der Mond der Erde am nächsten steht, das Perigeum (Erdnähe) und den ihm entgegengesetzten das Apogeum (Erdferne) des Mondes.

§. 127. (Woher diese Aenderungen kommen.) Wenn aber diese beiden Erscheinungen, nämlich die Veränderung der täglichen Geschwindigkeit und die des Durchmessers des Mondes, bloss von der Veränderung der Distanz des Mondes von der Erde kommen sollen, wie die Griechen glaubten, so müssten sich jene beiden Extreme der Geschwindigkeiten sowohl, als auch diese Extreme der Durchmesser, beide zugleich wie die grösste und kleinste Distanz des Mondes von der Erde verhalten. Halten wir uns nun bloss an die Geschwindigkeiten, so ist ihr Verhältniss $\frac{0.6176}{0.4930}$ oder 1.2527, und diess soll daher auch das Verhältniss der grössten und kleinsten Distanz des Mondes von der Erde in seinem excentrischen Kreise sein. Dasselbe muss nun auch, wenn anders ihre Hypothese richtig ist, aus dem Verhältnisse der beiden Durchmesser folgen. Allein diess Verhältniss ist $\frac{0.553}{0.494}$ oder 1.1194, also ein ganz anderes als zuvor, daher auch jene Voraussetzung unrichtig ist, oder die beobachteten Veränderungen der an sich selbst immer gleichgrossen Geschwindigkeiten des Mondes sind nicht bloss scheinbar, sie kommen nicht bloss von den verschiedenen Distanzen des Mondes, sondern sie sind, zum Theil wenigstens, einer andern Ursache zuzuschreiben, und sie müssen sich daher auf eine, dem Monde selbst zukommende, ihm eigenthümliche Veränderung seiner Bewegung gründen, oder mit andern Worten, die Bahn des Mondes kann kein Kreis sein, weil die Geschwindigkeit eines in einem Kreise bewegten Körpers, der Natur dieser krummen Linie gemäss, nicht anders als gleichförmig sein kann, während hier doch die Bewegung des Mondes um die Erde als wesentlich ungleichförmig erscheint.

Dasselbe lässt sich auch bei der Sonne bemerken, deren Bewegung um die Erde ebenfalls sehr einfach ist, da sie, so wie der Mond, in einem grössten Kreise des Himmels um uns zu gehen scheint. Die grösste tägliche Bewegung der Sonne in Länge beträgt 1°.01943, und zu dieser Zeit, gegen Ende des December, hat auch der scheinbare

Durchmesser der Sonne seinen grössten Werth von 0°.54321. Ein halbes Jahr später, in den ersten Tagen des Julius, haben diese beiden Grössen ihren kleinsten Werth, indem dann die tägliche Geschwindigkeit 0°.95319, und der Durchmesser nur 0°.52527 beträgt. Das Verhältniss dieser beiden Geschwindigkeiten ist 1.0695, und das der beiden Durchmesser ist 1.0341, also beide wieder verschieden, da sie doch, wenn jene Hypothese des excentrischen Kreises der Natur gemäss wäre, einander vollkommen gleich sein müssten. — Auch diese beiden Punkte der Sonnenbahn, oder eigentlich der Erdbahn, werden die Apsiden derselben genannt, und zwar jener, wo die Erde der Sonne am nächsten steht, das Perihelium (Sonnennähe), und der andere das Aphelium (Sonnenferne) der Erde. Es ist merkwürdig, dass die Zeit, welche der Mond, oder welche die Erde braucht, von einem Endpunkte ihrer Apsidenlinie zum anderen zu kommen, zu beiden Seiten dieser Linie immer dieselbe ist; dass diese beiden Punkte immer dieselbe Declination, die eine nördlich, die andere südlich haben, und dass endlich ihre Rectascension immer um 180 Grade verschieden ist, woraus folgt, dass diese beiden Punkte in der That auf einer und derselben geraden Linie, der Apsidenlinie, liegen müssen, und dass diese gerade bei der Mondesbahn durch den Mittelpunkt der Erde, und bei der Erdbahn durch den Mittelpunkt der Sonne gehen muss. Dasselbe bemerkt man auch bei allen übrigen Planetenbahnen, deren Apsidenlinien, den Beobachtungen zu Folge, alle durch den Mittelpunkt der Sonne gehen.

§. 128. (Verhältnisse dieser beiden Veränderungen.) Wir haben also gefunden, dass die Verhältnisse der Extreme der Geschwindigkeiten dem der Durchmesser keineswegs gleich sind. Allein wenn wir diese Verhältnisse etwas näher betrachten, so werden wir ohne Mühe eine andere, sehr wichtige Eigenschaft derselben bemerken. Bei dem Monde war dieses Verhältniss der Geschwindigkeiten 1.2527, und das der Durchmesser 1.1194, also das letzte bedeutend kleiner. Wenn man etwa zufällig verleitet werden sollte, die sogenannten Potenzen dieser Zahlen unter einander zu vergleichen, so würde man finden, dass das Quadrat der letzten Zahl, oder dass das Quadrat von 1.1194 gleich 1.2529, also schon nahe gleich der ersten Zahl ist. Ganz dasselbe hat auch bei der Sonne Statt, wo das Verhältniss der Geschwindigkeiten 1.0695 und das der Durchmesser 1.0341 betrug, und wo auch das Quadrat der letzten Zahl gleich 1.0694 oder wieder sehr nahe gleich der ersten Zahl ist. — Um diese Entdeckung, wenn es eine ist, in Worten auszudrücken, würden wir also sagen: dass sich die Geschwindigkeiten der Planeten, nicht, wie die Alten glaubten, verkehrt wie ihre Entfernungen, sondern dass sie sich verkehrt wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne verhalten, oder mit anderen Worten: dass das Produkt der Geschwindigkeit in das Quadrat der Entfernung bei jedem Planeten durch alle Punkte seiner Bahn eine beständige und unveränderliche Grösse sei. Bei der Sonne z. B. ist dieses Produkt, da man statt der Entfernung nur die Einheit dividirt durch den Durchmesser der Sonne setzen darf, gleich 1.01943 dividirt durch das Quadrat von 0.54321, oder gleich 3.455 im Perihelium, und eben so gross findet man dieses Produkt auch im Aphelium. Wird aber dieselbe Erklärung auch für alle anderen Punkte der Erdbahn, ausser jenen beiden, noch wahr sein? — Diess zu entscheiden, ist offenbar Sache der Beobachtung.

§. 129. (Erstes Gesetz Kepler's.) Solcher Beobachtungen sind bereits eine unzählige Menge, nicht bloss bei der Sonne und dem Monde, sondern überhaupt bei allen Planeten angestellt worden, und sie haben alle, ohne Ausnahme, gezeigt, dass dieses Gesetz zwischen den Geschwindigkeiten und den Entfernungen der Planeten von der Sonne für alle diese Himmelskörper und in allen Punkten ihrer Bahnen statthabe, und dass man daher, der Analogie und der grössten Wahrscheinlichkeit gemäss, dasselbe für das wahre Gesetz der Natur ansehen müsse. Wir werden sogleich sehen, dass dieses Gesetz, dessen Kenntniss wir Keplern verdanken, und das daher auch unter der Benennung des ersten Kepler'schen Gesetzes bekannt ist, für die ganze Theorie der Bewegung der Planeten von der grössten Wichtigkeit ist. Es ist, wie weiter unten gezeigt werden wird, ein ganz allgemeines Gesetz, das nicht bloss den Planeten, sondern überhaupt allen Körpern zu Grunde liegt, die sich um einen festen Punkt, als Centralpunkt ihrer Bahnen, bewegen.

§. 130. (Untersuchung der wahren krummen Linie der Planetenbahnen.) Indem also Kepler die Beobachtungen Tycho's mit der Hypothese des Kopernicus verglich, nach welcher alle Planeten in Kreisen um die Sonne gehen, und indem er fand, dass sich diese Beobachtungen durch jene Hypothese nicht mit der erforderlichen Genauigkeit darstellen liessen, war er gleichsam gezwungen, irgend eine schickliche Aenderung jenes Systems vorzunehmen, um dadurch jene Uebereinstimmung zu erhalten. Sein Verdacht fiel gleich anfangs auf jene Kreise, welche die Alten bloss aus dem Grunde eingeführt hatten, weil der Kreis, nach ihrer Ansicht, unter allen krummen Linien die vollkommenste, also auch die der Natur angemessenste, ja die ihrer allein würdige sein sollte. So wenig entscheidend solche bloss metaphysische Gründe für die Kenntniss der Natur, die sich nur durch unmittelbare Beobachtungen erhalten lässt, auch immer sein mögen, so wusste sich doch diese Idee bald allgemeinen Eingang zu verschaffen, und sie blieb bis zu dem Anfang des siebzehnten Jahrhunderts die herrschende Meinung, nicht bloss der Menge, sondern auch der eigentlichen Astronomen. Kopernicus, der sich doch so wenig von Vorurtheilen leiten liess, dass er vielmehr sein ganzes Leben darauf verwendete, eines der ältesten und hartnäckigsten, das sich des menschlichen Geistes bemeistert hatte, zu besiegen, konnte sich doch von diesem nicht trennen, und so gross auch sein Verdienst um die Wissenschaft war, so beschränkt es sich doch nur darauf, die von den Alten eingeführten Kreise anders zu vertheilen, aber diese Kreise selbst, an die er eben so fest wie alle seine Vorgänger glaubte, wagte er nicht zu berühren.

Keplern fehlte dieser Muth nicht, und er ging mit Kraft und Ausdauer an sein für jene Zeiten grosses, und mit vielen Schwierigkeiten verbundenes Werk. Es ist hier nicht der Ort, die Leser durch alle die Labyrinthe von Schlüssen und Rechnungen zu führen, die Kepler durchwandern musste, um seinen Zweck zu erreichen. Er theilte uns die Resultate dieser Arbeiten in seinem Werke: *Astronomia nova de motibus stellae Martis. Pragae 1609.* mit, und die Leser mögen in diesem Buche selbst Gelegenheit finden, den unverdrossenen Muth, die unermüdliche Geduld, und den immer treffenden Scharfblick zu bewundern, mit welchem er sich durch die weitläufigen und verwickelten Rechnungen durchwindet, und selbst die gute Laune und die lebhaften

Witzspiele zu bemerken, mit welchen er seinen von so anstrengenden Arbeiten oft ermüdeten Geist wieder aufzuheitern suchte. Er sagt selbst in einer Stelle dieses Werkes: »Wem das Durchlesen dieser mühevollen »Rechnungen Langweile macht, der mag immerhin Mitleid mit mir »haben, der ich sie wenigstens siebenzigmal wiederholen musste, wäh»rend er sie nur einmal lesen darf.« Und eine einzige dieser Rechnungen nimmt volle zehn Folio-Seiten ein! — Hier wird es genug sein, den Weg gezeigt zu haben, den er ging, oder vielmehr, den er hätte gehen können, um sein Ziel mit dem wenigsten Aufwand von Zeit und Mühe zu erreichen.

§. 131. (Verhältnisse der Entfernungen der Planeten von der Sonne.) Wenn also die Planetenbahnen fernerhin keine Kreise mehr sein konnten, welche andere krumme Linie sollte man substituiren? — Auch diese Frage konnte nur durch unmittelbare Beobachtungen entschieden werden. Es handelte sich dabei vorzüglich um eine grössere Anzahl von Entfernungen irgend eines Planeten von der Sonne in verschiedenen Punkten seiner Bahn. Kannte man diese Entfernungen, so liess sich die Gestalt der Bahn auf dem Papiere verzeichnen, und dann konnte man zusehen, welcher Art die neue krumme Linie sein soll.

Aber woher sollte man eine solche Anzahl von Entfernungen nehmen? Die Beobachtungen Tycho's, die Kepler sonst so gut zu brauchen wusste, reichten dazu nicht hin. Nach vielen vergeblichen Versuchen bemerkte er endlich, dass das von ihm bereits gefundene erste Gesetz der planetarischen Bewegung auch zu jenem Zwecke die gehörigen Mittel darbot.

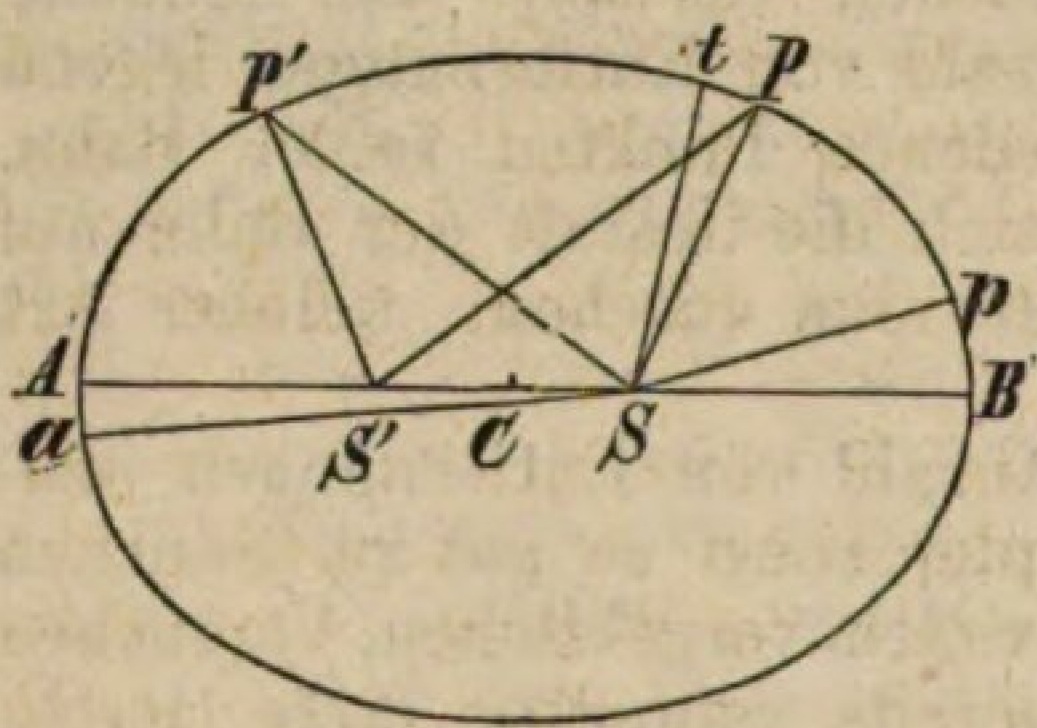
Nehmen wir dazu wieder die Sonne, oder vielmehr die Erde, deren Bewegung sich für uns so einfach am Himmel darstellt, während die der andern Planeten noch durch die oben erwähnte zweite Ungleichheit, die bei der Erde ganz wegfällt, nur umsonst verwickelt wird. Die Astronomen haben von jeher die Sonne mit grossem Fleisse beobachtet, und Tycho war hinter ihnen nicht zurückgeblieben. In seinen Manuscripten fand Kepler eine grosse Anzahl von beobachteten Längen, aber keine Distanzen derselben von der Erde, welche letztere er doch vorzüglich brauchte. Allein so oft Tycho die Länge der Sonne in zwei zunächst auf einander folgenden Mittagen beobachtet hatte, war dadurch auch sofort die tägliche Aenderung ihrer Länge oder die tägliche Geschwindigkeit der Sonne für diesen Punkt ihrer Bahn gegeben, und mehr bedurfte Kepler nicht, um daraus, wenn auch nicht die absolute Distanz, so doch die Verhältnisse dieser Distanzen unter einander abzuleiten.

Nach dem ersten Gesetze Kepler's ist nämlich das Produkt aus dem Quadrate der Distanz der Sonne von der Erde in die tägliche Bewegung, für alle Punkte der Sonnenbahn, eine constante Grösse. Wir haben oben diese constante Grösse gleich 3.455 gefunden. Allein wir können sie hier, wo es sich bloss um die Verhältnisse dieser Distanzen handelt, am einfachsten gleich der Einheit annehmen. Daraus folgt also, dass für jeden Punkt der Sonnenbahn die Distanz der Sonne von der Erde gleich sein muss der Einheit, dividirt durch die Quadratwurzel der täglichen Geschwindigkeit der Sonne.

Betrachten wir nun mehrere dieser Punkte. Für das Perihelium, wo die Länge der Sonne, von der Erde gesehen, nahe 279⁰ ist, d. h.

zu Ende des December jeden Jahres wurde die tägliche Geschwindigkeit der Sonne, wie bereits oben bemerkt, gleich 1.01943 Graden beobachtet. Die Einheit, dividirt durch die Quadratwurzel dieser Zahl, gibt 0.9904. Wir können also für diesen Punkt der Bahn, der der Erde am nächsten liegt, die Distanz der Sonne von der Erde gleich 0.9904 annehmen. Zwar kennen wir dadurch noch nicht die wahre Distanz der Sonne für diese Zeit, weil wir noch nicht wissen, auf welche Einheit sich diese Zahl 0.9904 bezieht. Aber diese Kenntniss ist uns auch hier nicht nothwendig, da wir nur die Verhältnisse mehrerer solcher Distanzen suchen, denen doch alle dieselbe, wenn gleich noch unbekannte Einheit zu Grunde liegt. Wir werden also mit irgend einem Massstabe diese Distanz auf einer gegebenen Linie *AB* (Fig. 29) von irgend einem Punkte *S* derselben auftragen. Sei *SB* = 0.9904 diese Distanz, so ist *B* ein Punkt der Erdbahn und zwar der der Sonne *S* nächste Punkt, oder das Perihelium dieser Bahn.

Fig. 29.



Nach etwa 60 Tagen, am 28. Februar, wurde die Länge der Sonne gleich 339°, also 60° grösser als zuvor, und zugleich die tägliche Geschwindigkeit derselben gleich 1.0025 beobachtet. Diess gibt, nach dem ersten Kepler'schen Gesetze, die Distanz der Sonne von der Erde gleich 0.9987, also um 0.0083 grösser als zuvor. Man nehme also den Winkel *BSP* = 60° und trage auf dem Schenkel desselben die Linie *SP* = 0.9987 auf, so wird *P* ein zweiter Punkt der Erdbahn sein.

Wieder nach 60 Tagen, gegen den 30. April, wo die Länge der Sonne 399°, oder, was dasselbe ist, 39° beträgt, beobachtete man die tägliche Geschwindigkeit derselben zu 0°.9694, woraus die Distanz 1.0156 folgt. Man nehme daher den Winkel *BSP'* = 120° und trage mit demselben Massstabe auf der Linie *SP'* die Distanz *SP'* = 1.0156 auf, so ist *P'* ein dritter Punkt der Erdbahn.

Nach neuen 60 Tagen, am 2. Juli, ward die Länge der Sonne 99° und die tägliche Geschwindigkeit 0°.9532 beobachtet, daher die Distanz der Sonne 1.0242 ist. Da nun die Sonne seit der ersten Epoche volle 180 Grade in Länge zurückgelegt hat, so wird man auf der ersten Linie selbst, aber auf der anderen Seite des Punktes *S*, die Linie *SA* = 1.0242 nehmen, und *A* wird ein neuer Punkt der Erdbahn, das Aphelium derselben sein.

§. 132. (Nähere graphische Bestimmung der Planetenbahnen.) Setzt man dieses Verfahren noch weiter für die Sonnenlängen von 159°, 219° und 279° fort, so findet man dieselben Geschwindigkeiten, also auch dieselben Distanzen wieder, die wir bereits für die Längen von 39°, 339° und 279° gefunden haben, zum Zeichen, dass die gesuchte krumme Linie durch die Gerade *ASB* in zwei gleiche Theile getheilt wird. Um diese Curve mit grösserer Genauigkeit verzeichnen zu können, wird man mehrere Punkte derselben auf die angezeigte Weise, z. B. von 10 oder 5 Tagen Zeitunterschied bestimmen, und dann alle diese Punkte durch eine

krumme Linie vereinigen, wodurch man gleichsam eine getreue Abbildung der Erdbahn im Kleinen erhält.

Um nun aus dieser Zeichnung die Natur der krummen Linie, welche die Erde jährlich um die Sonne S beschreibt, näher kennen zu lernen, wird man zuerst den Mittelpunkt C der Geraden AB oder der Apsidenlinie suchen. Wir hatten aber $SA = 1.0242$ und $SB = 0.9904$. Die halbe Summe dieser beiden Grössen gibt sofort CA oder auch $CB = 1.0073$, und die halbe Differenz derselben Grössen gibt $CS = 0.0169$. Will man aber der grössern Einfachheit wegen die Hälfte der Apsidenlinie zur Einheit aller Dimensionen annehmen, oder setzt man $CA = CB = 1$, so wird man alle vorhergehenden Zahlen nur durch 1.0073 dividiren, um die Ausmessungen aller Theile dieser krummen Linie in dieser Einheit zu erhalten. Man bekommt so $CA = CB = 1$, $CS = 0.01677$, $SB = 0.9832$ und $SA = 1.0168$ u. s. w.

Die ovale, in der Richtung der Apsidenlinie verlängerte Gestalt dieser Curve erinnert sofort an diejenige krumme Linie, die unter der Benennung Ellipse allgemein bekannt ist, und auf die daher jeder gleichsam von selbst geführt wird. Eine genauere Betrachtung derselben zeigt in der That, dass diese Vermuthung vollkommen bestätigt wird.

§. 133. (Eigenschaften der Ellipse.) Seien S und S' zwei feste Punkte in einer Ebene, an welche man die zwei Enden eines biegsamen, unausdehnbaren Fadens befestigt, dessen Länge grösser als die Distanz SS' ist. Wenn man diesen Faden mit Hülfe eines Stiftes, z. B. der Spitze P einer Bleifeder spannt, und diese Spitze, bei immer gespanntem Faden, in jener Ebene um die Linie SS' führt, so wird man dadurch eine krumme Linie beschreiben, welche die Eigenschaft hat, dass für alle Punkte P ihrer Peripherie die Summe der beiden Theile SP und $S'P$ des Fadens, oder die Summe der beiden Distanzen SP und SP' immer dieselbe ist. Unter diesen Punkten sind vorzüglich zwei merkwürdig, nämlich die Punkte B und A, die in der Verlängerung der Linie SS' liegen, welche jene zwei fixen Punkte verbindet. Ist der beschreibende Stift in B, so liegt ein Theil des Fadens über der Linie $S'B$ und der andere über SB, er liegt also über SB doppelt und die Distanz von S' nach B ist gleich der Länge des Fadens weniger diesem Stücke SB. Kommt dann der beschreibende Stift nach A, so liegt wieder ein Theil des Fadens auf der Linie SA und der andere auf $S'A$; er liegt also hier über $S'A$ doppelt, und die Distanz von S nach A ist wieder gleich der Länge des Fadens weniger diesem Stücke $S'A$. Da aber diese beiden Positionen des Stiftes in nichts als in der Lage desselben verschieden sind, indem er einmal rechts und dann links von SS' stand, so müssen auch die beiden Stücke SB und $S'A$, wo der Faden in beiden Fällen doppelt lag, einander gleich sein. In der ersten Lage waren die beiden Theile des Fadens $S'B$ und SB, das heisst also $S'B$ und $S'A$ zusammen genommen, gleich AB, und in der zweiten Lage waren diese Theile SA und $S'A$, das heisst SA und SB, also wieder gleich AB. Daraus folgt, dass die zwei äussersten Punkte A und B, in welchen der beschreibende Stift die verlängerte, durch die beiden fixen Punkte gehende Linie SS' trifft, um die ganze Länge des Fadens von einander entfernt sind, und dass auch die Summe der Distanzen eines jeden andern Ortes P des beschreibenden Stiftes von ihren beiden

fixen Punkten gleich derselben Distanz *AB* jener beiden äussersten Punkte ist.

Die krumme Linie, welche auf diese Art von dem Stifte beschrieben wird, nennt man eine Ellipse. Man sieht, dass sie einem Kreise desto näher kommt, je näher die beiden fixen Punkte *S* und *S'* an einander genommen werden. Versetzt man endlich diese beiden Punkte *S* und *S'* in die Mitte *C* der Linie *SS'*, so geht die Ellipse ganz in einen Kreis über, weil dann die beiden Distanzen *PS* und *PS'* für alle Punkte *P* immer dieselben, und zwar gleich der Hälfte des Fadens, oder gleich *CP*, d. h. gleich dem Halbmesser des Kreises werden, den man sich nun statt der Ellipse zu denken hat.

Man nennt in der Ellipse jene beiden fixen Punkte *S* und *S'* die Brennpunkte, die erwähnten äussersten Punkte *B* und *A* aber die Scheitel, und ihre gegenseitige Distanz *AB* endlich die grosse Axe der Ellipse. Theilt man die Linie *SS'*, oder was dasselbe ist, die Linie *AB* in dem Punkte *C* in zwei gleiche Theile, so heisst *C* der Mittelpunkt und *CS* = *CS'* die Excentricität. Errichtet man durch diesen Punkt *C* eine auf die grosse Axe *AB* senkrechte Linie, so ist der Theil derselben, der zu beiden Seiten von *AB* durch die krumme Linie begrenzt wird, die kleine Axe der Ellipse. Da für die Endpunkte dieser kleinen Axe die beiden Theile *SP* und *S'P* einander gleich, also auch jeder dieser Theile gleich der halben grossen Axe, so ist die Summe der Quadrate der Excentricität und der halben kleinen Axe gleich dem Quadrate der halben grossen Axe, so dass, wenn zwei von diesen drei Grössen bekannt sind, auch sofort die dritte derselben gegeben ist. Endlich nennt man die Distanz *PS* oder *PS'* eines jeden Punktes *P* der Ellipse von einem der beiden Brennpunkte derselben den Radius Vector oder Leitstrahl dieses Punktes.

§. 134. (Zweites Gesetz Kepler's.) Kepler hatte also gefunden, dass die jährliche Bahn der Erde eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt der Sonne liegt. Es war wohl sehr natürlich, zu vermuthen, dass dasselbe auch bei den übrigen Planeten nicht anders sein werde, und diese Vermuthung wurde bald durch die darüber angestellten Rechnungen vollkommen bestätigt. Dadurch war das zweite Gesetz Kepler's gefunden, nach welchem sich alle Planeten in Ellipsen bewegen, deren einen, allen diesen Bahnen gemeinschaftlichen Brennpunkt der Mittelpunkt der Sonne einnimmt.

Es war nun noch übrig, diese schöne und wichtige Entdeckung anzuwenden und zu zeigen, wie man nach ihr die Bewegung der Planeten berechnen soll, um sie mit den Beobachtungen zu vergleichen, oder mit andern Worten: es handelte sich um die neue Theorie der planetarischen Bewegung, da die alte, welche die Planetenbahnen kreisförmig voraussetzte, was sie nicht sind, nicht weiter beibehalten werden konnte. — Allein dabei zeigte sich sogleich eine neue und nicht geringe Schwierigkeit. In dem Ptolemäischen sowohl als in dem Kopernicanischen Systeme hing diese Theorie, wie wir oben (§. 112) gesehen haben, bloss von zwei Dingen ab: von der Epoche oder von der heliocentrischen Länge des Planeten zu einer gegebenen Zeit, und von der Umlaufszeit oder der täglichen Bewegung desselben. Denn da die Bewegung in Kreisen nicht anders als gleichförmig sein kann, so reichten diese beiden Elemente, so lange man die Neigung der Planetenbahnen

nicht berücksichtigte, vollkommen hin, den heliocentrischen Ort des Planeten für jede andere Zeit zu bestimmen, aus welchem man dann (nach §. 111 oder 117) den geocentrischen Ort desselben durch Rechnung ableiten und ihn mit den unmittelbaren Beobachtungen vergleichen konnte.

Allein in dem neuen, von Kepler entdeckten Planetensysteme fallen die Kreise, und mit ihnen alle gleichförmigen Bewegungen der Planeten gänzlich weg. Jeder Planet bewegt sich, wie wir oben bei der Erde gesehen haben, am schnellsten in seinem Perihelium *B*, wo er der Sonne *S* in dem einen Brennpunkte seiner Bahn am nächsten ist. Von diesem Punkte an entfernt sich der Planet immer weiter von der Sonne, während seine Geschwindigkeit regelmässig wie verkehrt das Quadrat dieser Entfernung abnimmt, bis er endlich, im Aphelium *A*, am weitesten von der Sonne absteht, und zugleich seine kleinste Geschwindigkeit hat. Nach dem Durchgange durch sein Aphelium nimmt die Entfernung von der Sonne wieder eben so ab, und seine Geschwindigkeit eben so zu, wie jene in der ersten Hälfte seiner Bahn zu- und diese abgenommen hat, bis er endlich, nachdem er seinen ganzen Umlauf um die Sonne vollendet hat, mit derselben Geschwindigkeit wieder in seinem Perihelium *B* ankommt, mit welcher er von demselben ausging.

§. 135. (Bestimmung der Bewegung in der Ellipse.) Wie soll man aber nun bei einem Körper, dessen Bewegung, ihrer Grösse und Richtung gegen die Sonne nach, in jeder Sekunde eine andere ist, angeben können, welchen Ort er für jeden gegebenen Augenblick in seiner Bahn einnehmen wird?

Die Auflösung dieses Problems ist von der grössten Wichtigkeit, da sich ohne sie eine eigentliche Theorie der Planeten in dem neuen Systeme nicht denken lässt. Sie ist aber so lange als ganz unmöglich zu betrachten, als man nicht in dieser Bewegung der Planeten irgend etwas aufgefunden hat, von dem diese ungleichförmige Bewegung abhängt, und das selbst sich gleichförmig oder mit der Zeit proportional ändert, so dass man das letzte, wie etwa in dem ältern Systeme, durch eine einfache Addition (§. 112) finden, und dann daraus das erste durch irgend eine Rechnung ableiten kann. Wäre z. B. die Zeit bekannt, wann der Planet, von der Sonne gesehen, durch sein Perihelium *B* gegangen ist, und wüsste man, dass der Bogen *BP*, den er in seiner Ellipse um die Sonne beschreibt, immer gleichförmig oder proportional mit der Zeit zunimmt, so würde es nicht mehr schwer sein, den heliocentrischen Ort des Planeten in seiner Bahn für jeden andern Augenblick anzugeben. Denn wenn die grosse Axe und die Excentricität *CS* der Ellipse bekannt ist, so kann man daraus auch die Grösse ihrer Peripherie finden, und diese, durch die bekannte Umlaufszeit des Planeten dividirt, würde sofort auch denjenigen Theil seiner Peripherie oder den elliptischen Bogen geben, welchen der Planet in dem Laufe eines jeden Tages zurücklegt. Ist dann die Zeit, für welche man den Ort des Planeten sucht, z. B. hundert Tage nach seinem Durchgange durch sein Perihelium, so wird man nur jenen Bogen hundertmal nehmen, und dadurch den Bogen *BP* kennen, aus welchem sich durch Rechnung auch die Entfernung *PS* des Planeten von der Sonne oder sein Radius Vector, und der Winkel *BSP* oder die Neigung seines

Radius Vector gegen die grosse Axe *SB* finden lassen wird. Ist endlich der Winkel, welchen diese Linie *SB* mit der Nachtgleichenlinie macht, oder ist die Länge des Periheliums *B* bekannt, so wird man nur diese Länge des Periheliums zu jenem Winkel *BSP* addiren, um sofort auch die heliocentrische Länge des Planeten (§. 111) zu erhalten. Dadurch aber, durch die Länge des Planeten und durch seinen Radius Vector, ist der Ort desselben in der Ellipse vollkommen bestimmt.

Allein dieses Verfahren kann nicht zugelassen werden, weil die Bewegung der Planeten keineswegs so, wie hier vorausgesetzt wurde, vor sich geht, dass nämlich die Bogen der Ellipse in gleichen Zeiten gleich viel wachsen. Diese Voraussetzung steht sogar mit dem bereits oben gefundenen ersten Gesetze Kepler's in directem Widerspruch. Denn sei z. B. *Pt* (Fig. 29) der Bogen, welchen der Planet in der Ellipse, oder auch in jeder andern krummen Linie, während einer sehr kurzen Zeit, z. B. während einer Sekunde, beschreibt. Da die Punkte *P* und *t* sehr nahe bei einander liegen, so wird man diesen kleinen Bogen *Pt* immer als den Bogen eines Kreises ansehen können, dessen Mittelpunkt in *S* ist. Der Fehler, den man dabei begeht, wird desto kleiner sein, je näher jene Punkte an einander liegen, und wir können sie einander beliebig nahe annehmen, da es für unsern Schluss ganz gleichgiltig ist, ob dieser Bogen *Pt* von dem Planeten in einer Sekunde, oder in dem tausendsten Theil einer Sekunde beschrieben wird. Ist nun *Pt* ein Kreisbogen, dessen Halbmesser *St* oder $SP = r$ ist, und nennt man v den Winkel *PSt*, zu welchem jener Bogen gehört, so ist bekanntlich jener Bogen selbst gleich dem Produkte der beiden Grössen r und v, und dieses Produkt kann, in der Bewegung der Planeten, keine constante Grösse sein, weil, nach dem ersten Gesetze Kepler's, erst das Produkt des Quadrats von r in v eine solche constante Grösse ist. Dadurch fällt also jene ganze Voraussetzung als unstatthaft von selbst weg.

Wenn aber für jeden sehr kleinen Bogen *Pt* der Ellipse, oder überhaupt für jede krumme Linie das Produkt der Grösse r in v gleichsam das sinnliche Bild dieses Bogens *Pt* ist, sollte man nicht auch ein ähnliches Bild für das andere Produkt, und eben dadurch vielleicht jene gleichförmig sich ändernde Grösse selbst, die wir eigentlich suchen, erhalten können?

§. 136. (Anderer Ausdruck des ersten Gesetzes.) Es ist allgemein bekannt, dass die Oberfläche eines jeden geradlinigen Dreiecks gleich ist dem halben Produkte der Basis desselben in seine Höhe oder in die senkrechte Linie, welche man aus dem Scheitel des Dreiecks auf die Basis desselben herabgelassen hat. Nun kann das Dreieck *StP* immerhin, und ohne allen merklichen Fehler, als ein geradliniges Dreieck angesehen werden. Zwar ist die Basis *Pt*, unser oben betrachteter Bogen, eigentlich eine krumme Linie, aber da es, wie bereits gesagt, von unserer Willkür abhängt, die beiden Endpunkte *P* und *t* dieser Basis so nahe als nur immer möglich an einander zu rücken, so wird endlich die Krümmung derselben ganz unmerklich werden, und für jede auch noch so genaue Betrachtung gänzlich verschwinden müssen. Für diesen Fall wird, da wir wissen, dass für sehr kleine Werthe von *Pt* dieser Bogen als zu einem Kreise vom Halbmesser $SP = St$ gehörig gelten

kann, auch die Höhe des Dreiecks oder das Loth von seiner Spitze *S* auf diese Basis *Pt* ganz mit den beiden Seiten *St* oder *SP* zusammen fallen, und daher, ebenfalls ohne allen merklichen Fehler, gleich *r* sein müssen. Da nun die Basis dieses Dreiecks *SPt* oder der Bogen *Pt*, nach dem Vorhergehenden, gleich dem Produkte von *r* in *v*, und da die Höhe desselben Dreiecks gleich *r* ist, so wird auch die Fläche desselben, wie die jedes andern Dreiecks, gleich dem halben Produkte des Quadrats von *r* in *v*, oder gleich $\frac{1}{2}rrv$ sein. Dieses letzte Produkt aber ist, nach dem ersten Kepler'schen Gesetze, in allen planetarischen Bewegungen eine constante Grösse, also ist die Fläche, welche der Radius Vector der Planeten in jeder sehr kleinen Zeit beschreibt, ebenfalls eine solche constante Grösse.

Die Planeten bewegen sich demnach um die Sonne so, dass in jedem Punkte ihrer Bahnen die Flächen *BpS*, *PtS*, *AaS*.., welche der Radius Vector während eines bestimmten Zeittheiles beschreibt, immer von derselben Grösse sind. In dem nächstfolgenden, eben so langen Augenblicke, in der nächstfolgenden Sekunde z. B. wird also die neue Fläche wieder eben so gross sein, wie zuvor, und da diess von allen folgenden Sekunden gilt, so wird es auch von allen folgenden, nur gleichgrossen Zeiträumen von 60 Sekunden, d. h. von allen Minuten, und eben so von allen Stunden, Tagen u. s. w. gelten, und man wird daher jenen Satz kurz so ausdrücken können: Die vom Leitstrahle beschriebenen Flächen *BSP*,*BSP'* .. verhalten sich wie die Zeiten, in welchen sie beschrieben werden. Dieser Satz ist, wie man sieht, eine unmittelbare Folge des ersten Kepler'schen Gesetzes (§. 129), oder er ist vielmehr dieses Gesetz selbst, nur anders ausgedrückt. Auch hat es Kepler unter dieser zweiten Gestalt bekannt gemacht, unter welcher es auch in die Wissenschaft übergegangen ist.

Dadurch ist also jene Gesetzmässigkeit in den Planetenbahnen gefunden, an welche wir nun die wahre und ungleichförmige Bewegung der Planeten selbst anknüpfen können.

Man erhält nämlich die Oberfläche der ganzen Ellipse, wenn man den vierten Theil des Produkts ihrer grossen und kleinen Axe in die bekannte Ludolph'sche Zahl 3.14159 multiplicirt, welche die Peripherie eines Kreises ausdrückt, dessen Durchmesser gleich der Einheit ist. Da nun diese Fläche von dem Radius Vector gleichförmig beschrieben wird, so wird man nur die Fläche der ganzen Ellipse durch die bekannte Umlaufszeit des Planeten, in Tagen ausgedrückt, dividiren, um sofort denjenigen Theil dieser Fläche zu erhalten, welchen der Radius Vector des Planeten in jedem einzelnen Tage zurücklegt. Ist also die Zeit des Durchgangs des Planeten durch sein Perihelium *B* gegeben, und sein Ort *P* für irgend eine andere Zeit, die z. B. hundert Tage nach jenem Durchgang fällt, zu suchen, so wird man nur die bereits bekannte, täglich beschriebene Fläche hundertmal nehmen, um die Fläche des elliptischen Sectors *BSP* zu erhalten. Ist aber diese Fläche *BPS* bekannt, so reducirt sich die Aufgabe, den Ort des Planeten für jede Zeit zu finden, auf das geometrische Problem, für jede gegebene Fläche *BPS* eines elliptischen Sectors, sowohl den Winkel *BSP* als auch den Radius Vector *SP* zu finden, welcher zu diesem Sector gehört.

§. 137. (Anwendung dieses Gesetzes auf die Bewegung der Planeten; mittlere und wahre Planeten.) Es kann nicht unsere Absicht sein, hier die umständliche Auflösung dieses geometrischen Problems zu geben. Das Folgende wird genügen, um wenigstens den Weg kennen zu lernen, welchen man dabei einschlagen muss.

Nehmen wir z. B. an, ein Planet sei im Anfange eines Jahres durch sein Perihelium gegangen, und seine Umlaufszeit um die Sonne betrage genau 100 Tage. Wenn die grosse und kleine Halbaxe seiner elliptischen Bahn 5 und 4 Halbmesser der Erdbahn betragen, so hält die Oberfläche dieser Planetenbahn 62.8318 Quadrathalbmesser der Erdbahn. Wir sagten nämlich schon oben (§. 136), dass die Oberfläche einer jeden Ellipse gleich dem Produkte ihrer beiden Halbaxen in die Zahl 3.14159 ist.

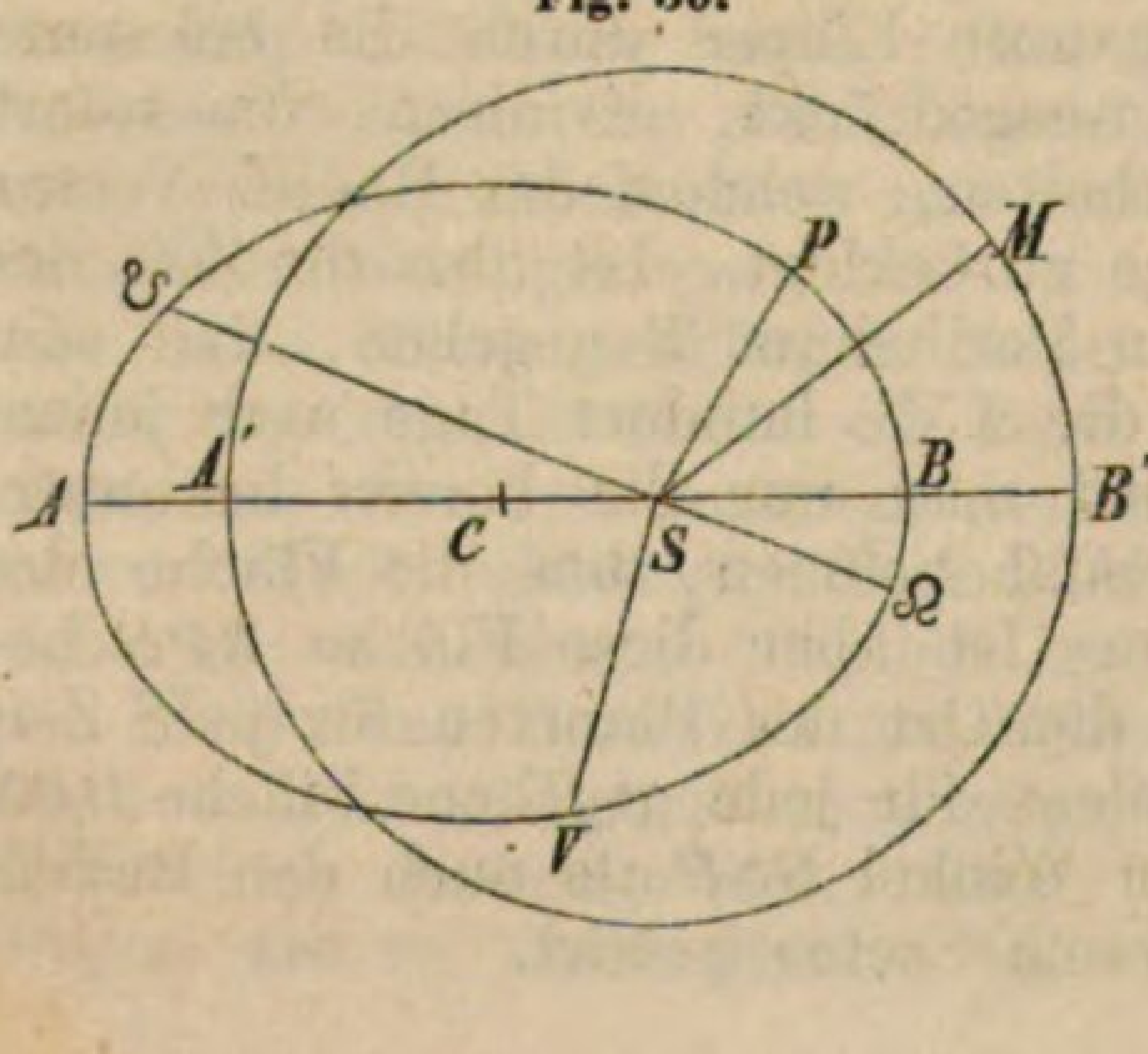
Diess vorausgesetzt, wollen wir den Ort **P** (Fig. 30) dieses Planeten in seiner Bahn für irgend einen gegebenen Tag z. B. für den 1. Februar desselben Jahres suchen. Zu diesem Zwecke wird man nach dem ersten Gesetze Kepler's (§. 129 und 136) folgende Proportionen haben: die Umlaufszeit des Planeten wird sich zu der Zeit vom Anfang des Jahres bis zum 1. Februar, d. h. zu der Zeit von 31 Tagen, verhalten, wie sich die Fläche der ganzen Ellipse zu der Fläche **BPS** des Sectors verhält, welchen der Radius Vector **SP** des Planeten in 31 Tagen beschreibt, oder wenn dieser Sector x heisst, so hat man

$$100 : 31 = 62.8318 : x$$

woraus folgt $x = 19.4778$, oder die Oberfläche des Sectors **BPS** beträgt 19.4778 Quadrathalbmesser der Erdbahn. — Da man nun diese Fläche des elliptischen Sectors kennt, so ist es mit einigen geometrischen Kenntnissen leicht, daraus auch den Winkel **BSP** und die Grösse **SP**, oder den Radius Vector des Planeten für die gegebene Zeit zu finden, d. h. den Ort des Planeten in seiner Bahn vollkommen zu bestimmen, wenn man einmal die Lage **SB** der grossen Axe im Raume kennt. — Diess ist die eigentliche Auflösung unseres Problems. Indess kann man auch zu demselben Zwecke auf folgende einfachere Weise gelangen.

Man denke sich einen um **S** (Fig. 30) als Mittelpunkt beschriebenen Kreis **B'MA'**, dessen Halbmesser **SA'** = **SB'** = **SM** gleich der halben grossen Axe **CB** = **CA** der Ellipse **BPA** ist. In diesem Kreise bewege sich ein Punkt gleichförmig und so, dass er mit dem wahren Planeten, der in der Peripherie der Ellipse einhergeht, immer zu gleicher Zeit durch die grosse Axe **AB** derselben, zu beiden Seiten des Punktes **S** geht. Wenn also der Planet im Perihelium **B** ist, so ist jener Punkt in **B'**, und die Fläche des elliptischen Sectors, so wie der Bogen dieses Kreises, die beide von der Linie **SBB'** gezählt werden, sind hier beide gleich Null. Wenn aber nach einer halben Revolution der Planet in der Ellipse nach **A**, und

Fig. 30.



jener Punkt in der Peripherie seines Kreises nach A' kommt, so ist die von dem Radius Vector in der Zwischenzeit beschriebene Fläche des elliptischen Sectors genau die Hälfte von der Fläche der ganzen Ellipse, so wie auch der von jenem Punkte beschriebene Bogen $B'MA'$ genau die Hälfte der ganzen Peripherie jenes Kreises ist. Und dasselbe Verhältniss zwischen dieser Fläche des Sectors und dem Bogen des Kreises wird auch für jede andere Zeit statthaben, weil beide, nach der vorhergehenden Voraussetzung, gleichförmig wachsen, und weil beide von der Linie SBB' an gezählt werden. Ist also seit jener Epoche, wo der Planet durch sein Perihelium B ging, z. B. der zwanzigste Theil der Umlaufszeit verflossen, und ist PBS ebenfalls der zwanzigste Theil der Fläche der ganzen Ellipse, so wie $B'M$ der zwanzigste Theil des Umfangs des Kreises, oder endlich, was dasselbe ist, der Winkel $B'SM$ der zwanzigste Theil von 360 Graden, so wird der Planet in P und jener Punkt zu derselben Zeit in M sein. Man sieht demnach, dass man statt jenes elliptischen Sectors den Winkel $B'SM$ dieses Punktes substituiren kann, und dass unser Problem sich eigentlich darauf reducirt, aus dem gegebenen Winkel $B'SM$ jenes Punktes den Winkel BSP und den Radius Vector SP des Planeten zu finden.

Was nun zuerst den heliocentrischen Ort des oben betrachteten Punktes M betrifft, so wird er ganz so, wie der des nach den älteren Systemen in einem Kreise sich bewegenden Planeten für jede gegebene Zeit ohne Mühe gefunden werden können. Man wird nämlich, wenn man die Zeit kennt, wo der Punkt in B' durch die Linie SB' ging, und wenn überdiess die Umlaufszeit dieses Punktes in seinem Kreise, die mit der Umlaufszeit des Planeten in seiner Ellipse identisch, bekannt ist, den Ort des Punktes M in der Peripherie seines Kreises durch eine einfache Addition bestimmen, ganz so, wie wir oben (§. 112) in der einfachen Kreishypothese für die dort ebenfalls gleichförmig bewegten Planeten verfuhren. Man nennt diesen Punkt den mittleren Planeten, während der eigentliche Planet, im Gegensatze mit jenem, der wahre genannt wird. In der That ist auch, weil die Umlaufszeiten beider um den Punkt S, oder um die Sonne, einander gleich sind, die durch seine ganze Bahn gleichförmige Geschwindigkeit dieses mittleren Planeten gleich dem Mittel aus allen verschiedenen Geschwindigkeiten des wahren Planeten.

Es ist also, wie man sieht, sehr leicht, den Winkel $B'SM$, den wir m nennen wollen, des mittleren Planeten für jede gegebene Zeit zu finden, und es handelt sich nur noch darum, wie man, wenn m gegeben ist, auch den Winkel BSP und den Radius Vector $SP = r$ des wahren Planeten für dieselbe Zeit finden soll. Man nennt aber den Winkel $B'SM$ oder m die mittlere Anomalie und den Winkel BSP oder v die wahre Anomalie des Planeten.

Denkt man sich wie oben (§. 115) in der Ebene der Bahn die Linie SV so gezogen, dass der Winkel $VS\Omega$ zwischen dieser und der Knotenlinie ℧☊ gleich wird der Länge des aufsteigenden Knotens ☊, so werden VSW die mittlere, und VSP die wahre Länge des Planeten in der Bahn genannt.

§. 138. (Gleichung der Bahn und elliptischer Radius Vector.) Ohne uns hier in eine strenge Auflösung dieses Problems einzulassen, wird es hinreichen, zu zeigen, wie man diese Auflösung bei allen jenen Ellipsen leicht und

mit hier hinlänglicher Genauigkeit finden kann, deren Excentricität *CS* gegen ihre halbe grosse Axe *CB* sehr klein ist, ein Fall, der in der That bei allen Planeten nahezu statthat. Bezeichnet man also dieses Verhältniss *CS* zu *CB* in jeder Ellipse durch e, so ist die wahre Anomalie v immer gleich der mittleren m mehr dem doppelten Produkte der Grösse e in den Sinus von m, und der Radius Vector r ist immer gleich der halben grossen Axe, weniger dem Produkte dieser Halbaxe in die Grösse e und in den Cosinus von m, wobei diese Winkel m und v ohne Unterbrechung von 0^0 bis 360^0 gezählt werden. — Demnach besteht die Bewegung jedes Planeten aus zwei Theilen. Der erste ist gleichförmig, gehört gleichsam dem Kreise an und ist auch ganz derselbe, den wir schon in dem vorhergehenden Kapitel betrachtet haben. Der andere aber ist ungleichförmig, gehört der Ellipse an, und ist gleich $2e \sin m$. Man nennt diesen zweiten Theil oder den Winkel *MSP* die Gleichung der Bahn, und sie wird mit ihren Zeichen zur mittleren Länge des Planeten gesetzt, um die wahre oder elliptische Länge desselben in der Bahn zu erhalten. Eben so ist die wahre oder elliptische Distanz des Planeten von der Sonne, oder sein Radius Vector, aus zwei ähnlichen Theilen zusammengesetzt, von denen der erste gleich der halben grossen Axe a, und der andere gleich dem Produkte $ae \cos m$ ist.

§. 139. (Elemente der Planetenbahnen.) Um diese Rechnungen auszuführen, muss man also nebst den bereits oben (§. 118) angeführten vier Elementen noch zwei andere kennen, nämlich die Excentricität *CS*, oder, da die halbe grosse Axe *CA* schon bekannt ist (§. 97), das Verhältniss e dieser Excentricität zur grossen Halbaxe, und die Lage dieser Axe, oder, was dasselbe ist, die Länge des Periheliums *B*, die ebenfalls in der Bahn von der fictiven Frühlingsnachtgleichenlinie *SΥ* (§. 137) gezählt wird. Die Tafel am Ende des Werkes gibt diese beiden Elemente. Man findet da z. B. für Merkur das Excentricitäts-Verhältniss 0.206, die Länge des Perihels $75^0\ 7'$, dieselben Grössen für Venus 0.007 und $129^0\ 27'$ u. s. w.

§. 140. (Berechnung des elliptischen Orts der Planeten.) Diese Tafel ist hinreichend, den heliocentrischen Ort der Planeten für jede gegebene Zeit zu finden. Suchen wir z. B. wieder, wie in §. 116, den heliocentrischen Ort Saturns für den 12. November 1835. Die Tafel gibt die Epoche für den Anfang des Jahres 1850 gleich $14^0\ 50'$. Das Intervall zwischen diesen beiden Zeiten beträgt 14 Jahre, zu 365 Tagen, und 49 Tage, wozu noch 4 Schalttage gezählt werden müssen, also 14 gemeine Jahre und 53 Tage.

Nach derselben Tafel ist die tägliche tropische Bewegung Saturn's $120''.5923$, die daher in einem gemeinen Jahre $44016''$, und in 14 solchen Jahren $616224''$, und endlich in 53 Tagen $6391''$ beträgt. Wir haben daher

1850 . . . $14^0\ 50'$ oder	$374^0\ 50'$
14 Jahre	$171^0\ 10'$
53 Tage	$1^0\ 47'$
	$201^0\ 53'$

oder die mittlere Länge Saturns in der Bahn ist für die gesuchte Zeit gleich $201^0\ 53'$. Eben so ist die Länge k des aufsteigenden Knotens

für 1850 gleich 112° 22′, und die Veränderung in nahe 14 Jahren 8′, also für die gesuchte Zeit $k = 112° 14'$, und die Neigung $n = 2° 30'$. Endlich ist die halbe grosse Axe der Bahn 9.53885. In unserer gegenwärtigen elliptischen Hypothese werden wir nun zuerst die Länge des Periheliums von der Länge des Planeten in der Bahn subtrahiren, wodurch wir die mittlere Anomalie m erhalten. Es ist aber die Länge des Perihels für 1850 gleich 90° 6′, und die Aenderung desselben für nahe 14 Jahre — 16′, also die Länge des Perihels für die gesuchte Zeit 89° 50′, und daher die mittlere Anomalie $m = 112° 3'$. Sucht man damit, und mit der Grösse $e = 0.056$ so wie $a = 9.53885$, die wahre Anomalie v und den Radius Vector r Saturns, so findet man $2e \sin m$, auf Bogen gebracht, gleich 5° 58′, und $ae \cos m = 0.2013$, so dass daher die wahre Anomalie des Planeten $v = m + 5° 58' = 118° 1'$, und der Radius Vector $r = 9.74$ ist. Addirt man dann zu der wahren Anomalie die Länge des Perihels, und subtrahirt von dieser Summe die Länge des Knotens, so erhält man das Argument der Breite $u = 95° 37'$, wie §. 116, daher man dann aus diesen Grössen, so wie dort, die heliocentrische und geocentrische Länge und Breite erhalten wird, weil wir dort schon auf die erst hier gefundene Verbesserung von 5° 58′ der mittleren Länge Rücksicht genommen haben. Die Aenderung, welche durch die elliptische Hypothese in jenen Rechnungen eingeführt wird, bezieht sich also bloss auf die Correction, welche die Länge und der Radius Vector r erhält, während alles übrige ungeändert bleibt.

Das Vorhergehende wird genügen, das Verfahren, welches die Astronomen bei ihren Berechnungen der Planetenorte beobachten, wenigstens im Allgemeinen kennen zu lernen. Uebrigens ist in dieser elliptischen Hypothese die Uebereinstimmung der Berechnungen mit den Beobachtungen so gross, dass sie mit den Resultaten der älteren Astronomen in keine weitere Vergleichung gebracht werden kann, und dass eben diese Uebereinstimmung von beinahe zahllosen Beobachtungen mit der neuen Theorie der beste Beweis für die Wahrheit der letzteren ist.

§. 141. (Einrichtung der Planetentafeln.) Um die vielen Additionen zur Erhaltung der mittleren Länge der Planeten in der Bahn zu vermeiden, hat man die mittleren Bewegungen derselben in bequeme Tafeln gebracht. Es wird nicht unangemessen sein, von der Einrichtung und dem Gebrauche dieser Tafeln hier kurz Nachricht zu geben. — Sie enthalten zuerst die Epochen der mittleren Länge der einzelnen Jahre z. B. für den Mittag Wien's, und zwar für den 1. Januar, wenn es ein Schaltjahr, und für den 31. December des vorhergehenden Jahres, wenn das gegenwärtige ein gemeines Jahr ist. Hätten nämlich beide Gattungen von Jahren einerlei Epoche, so würde man, da der Schalttag am Ende des Februars angebracht wird, in Schaltjahren alle zehn folgenden Monate des Jahres einen Tag mehr nehmen müssen, da man im Gegentheile jetzt, wo die Epoche des Schaltjahrs schon einen Tag mehr hat, bloss in den beiden ersten Monaten einen Tag weniger zu nehmen braucht, um dieselbe Tafel für beide Jahresarten zu benützen. Ueberdiess geben diese Tafeln auch die Epochen der mittleren Längen für den 0ten Tag eines jeden Monats, d. h. für den letzten Tag des vorhergehenden Monats, und endlich die Bewegung der Planeten für die einzelnen Tage, und auch wohl für die einzelnen Stunden, Minuten und

Sekunden. Dadurch ist man in den Stand gesetzt, die **mittlere** Länge des Planeten für jede gegebene Zeit eben so sicher, als bequem zu erhalten. Um aber auch die oben (§. 138) erwähnten beiden veränderlichen Theile der Bewegung und des Radius Vector des Planeten zu bestimmen, fügt man diesen Tafeln noch zwei andere bei, von welchen die erste die Gleichung der Bahn (§. 138), und die zweite die eben dort erwähnte elliptische Correction des Radius Vector gibt. Setzt man diese beiden Grössen, die erste zur mittleren Länge, und die zweite zur halben grossen Axe, so erhält man die wahre Länge des Planeten in seiner Bahn, und seine wahre elliptische Distanz von der Sonne, aus welcher man dann wieder, wie in §. 116 und 140, das Argument der Breite, die heliocentrische Länge in der Ekliptik, die heliocentrische Breite, und daraus, nach §. 117, auch den geocentrischen Ort des Planeten für jede gegebene Zeit ableiten wird.

Hier folgen als Beispiel solche abgekürzte Tafeln der Sonne und der Venus für den Mittag von Wien.

Jahre.			Monate.			Tage.		
	☉	♀		☉	♀		☉	♀
1850	279°.759	243°.889	0 Februar	30°.555	49°.667	1	0°.986	1°.602
1851	279°.520	108°.681	0 März	58°.153	94°.528	2	1°.971	3°.204
1852*	280°.267	335°.074	0 April	88°.708	144°.195	3	2°.966	4°.807
1853	280°.027	199°.866	0 Mai	118°.278	192°.260	4	3°.943	6°.409
1854	279°.790	64°.658	0 Juni	148°.833	241°.927	5	4°.928	8°.011
						6	5°.914	9°.613
1855	279°.551	289°.449	0 Juli	178°.402	289°.992	7	6°.900	11°.215
1856*	280°.298	155°.843	0 August	208°.957	339°.660	8	7°.885	12°.817
1857	280°.059	20°.634	0 Septbr.	239°.512	29°.317	9	8°.871	14°.420
1858	279°.820	245°.426	0 October	269°.082	77°.392	10	9°.857	16°.022
1859	279°.581	110°.218	0 Novbr.	299°.637	127°.059	20	19°.713	32°.043
			0 Decbr.	329°.206	175°.124	30	29°.570	48°.065

§. 142. (Erläuterung und Gebrauch dieser Tafeln.) In diesen Tafeln sind die Schaltjahre durch * bezeichnet. Sucht man in einem Schaltjahre den Ort der Sonne oder der Venus für irgend einen Tag der beiden ersten Monate des Jahres, so nimmt man immer einen Tag weniger, oder man geht z. B. in die Tafel mit dem 7. Februar ein, wenn man eigentlich die Länge der Sonne für den 8. Februar sucht.

Hat man so die mittlere Länge gefunden, so subtrahirt man von ihr die Länge des Perihels, also (für das Jahr 1855) bei der Sonne (§. 131) 280°.420 und bei der Venus 129°.436, wodurch man die mittlere Anomalie dieser beiden Himmelskörper erhält, mit welcher als Argument die beiden folgenden Tafeln die Gleichung der Bahn und die Correction des Radius Vector geben. Die Gleichung der Bahn ist positiv, wenn das Argument kleiner ist als 180°, oder sie ist positiv im ersten und zweiten Quadranten, und negativ im dritten und vierten (Einl. §. 32). Die Correction des Radius Vector ist bei so kleinen Excentricitäten, wie sie bei Sonne und Venus vorkommen, positiv im zweiten und dritten, und negativ im ersten und vierten Quadranten der mittleren Ano-

malie, und mit ihrem Zeichen zur mittlern Distanz, also bei der Sonne zu 1.0000 und bei der Venus zu 0.7233 zu setzen. Vermehrt man endlich die wahre Länge der Sonne um 180°, so erhält man die wahre Länge der Erde.

Mittlere Anomalie.	Gleichung der Bahn.		Correction der mittlern Distanz.		Mittlere Anomalie.
	⊙	♀	⊙	♀	
0	0°.000	0°.000	0.0168	0.0049	360
10	0°.341	0°.138	0.0165	0.0049	350
20	0°.672	0°.271	0.0158	0.0048	340
30	0°.980	0°.396	0.0145	0.0044	330
40	1°.257	0°.509	0.0127	0.0038	320
50	1°.494	0°.606	0.0107	0.0031	310
60	1°.684	0°.684	0.0082	0.0024	300
70	1°.821	0°.741	0.0055	0.0016	290
80	1°.902	0°.775	0.0027	0.0008	280
90	1°.924	0°.786	0.0000	0.0000	270
100	1°.888	0°.773	0.0031	0.0009	260
110	1°.795	0°.737	0.0060	0.0018	250
120	1°.649	0°.678	0.0086	0.0025	240
130	1°.454	0°.599	0.0111	0.0032	230
140	1°.217	0°.502	0.0130	0.0038	220
150	0°.945	0°.390	0.0146	0.0043	210
160	0°.645	0°.267	0.0158	0.0047	200
170	0°.327	0°.135	0.0165	0.0049	190
180	0°.000	0°.000	0.0167	0.0050	180

Ein paar Beispiele werden den Gebrauch dieser Tafeln deutlich machen.

Man suche den Ort der Sonne und der Venus für den 25. Mai 1855 im Mittage Wien's.

Für die Sonne hat man:

1855	279°.551
0 Mai	118°.278
20 Tage	19°.713
5 Tage	4°.928
	422°.470
	360°
Mittl. Länge ⊙ =	62°.470
Gleichung der Bahn =	+ 1°.162
Wahre Länge ⊙ =	63°.632
	180°
Wahre Länge ♁ =	243°.632

Mittl. Länge ⊙ . .	422°.470
Länge des Perigeums	280°.420
Mittlere Anomalie =	142°.050

Mittlere Entfern. . . .	1.0000
Corr. der mittl. Entf. +	0.0133
ellipt. Radius Vector =	1.0133

Wir bemerken hierbei, dass, wenn man die Erde als ruhend und die Sonne sich um die Erde bewegend denkt, an die Stelle der Worte: Perihel und Aphel die Ausdrücke: Perigeum und Apogeum treten.

Für Venus hat man ebenso:

1855	289°.449
0 Mai	192°.260
20 Tage	32°.043
5 Tage	8°.011
	521°.763
	360°
Mittl. Länge ♀ =	161°.763
Gleichung der Bahn = +	0°.422
Wahre hel. Länge ♀ =	162°.185

Mittlere Länge ♀ . . .	161°.763
Länge des Perihels . .	129°.436
Mittlere Anomalie =	32°.327
Mittlere Entfernung	0.7233
Corr. der mittl. Entf.	— 0.0043
ellipt. Radius Vector . =	0.7190

§. 143. (Drittes Gesetz Kepler's.) Die zwei oben erwähnten Entdeckungen Kepler's lehrten uns, dass alle Planeten, also auch die Erde, sich in Ellipsen bewegen, in deren einem Brennpunkte die Sonne ist, und sie zeigten uns zugleich das Gesetz, nach welchem sich jeder dieser Himmelskörper in seiner elliptischen Bahn bewegt, indem nämlich die Flächenräume, welche sein Radius Vector durchläuft, der Zeit proportional sind, oder mit der Zeit gleichförmig wachsen. Dieses letzte Gesetz gab uns endlich auch die Mittel an die Hand, den Ort des Planeten in seiner Bahn für jede gegebene Zeit durch Rechnung zu bestimmen.

Beide Gesetze betreffen, wie man sieht, jeden Planeten für sich, indem sie in jedem Punkte seiner Bahn die Krümmung des Bogens und die Geschwindigkeit des Planeten, der in diesem Bogen einhergeht, bestimmen, und sie würden beide selbst dann noch gelten, wenn sich auch nur ein einziger Planet um die Sonne bewegte. Aber nachdem Kepler einmal die Regeln gefunden hatte, denen die Bewegung eines jeden Planeten, einzeln betrachtet, unterworfen ist, war ihm auch noch die Existenz eines andern Gesetzes sehr wahrscheinlich, welches für alle Planeten zugleich gehörte, und von welchem diejenige Stellung und Entfernung derselben abhängt, die wir in der That an ihnen bemerken. Er sah bald, dass sie im Allgemeinen desto langsamer um die Sonne gehen, je weiter sie von ihr entfernt sind. So ist z. B. Mars nahe doppelt so weit als Venus von der Sonne entfernt, und wenn beide dieselbe mittlere Geschwindigkeit hätten, so würde auch die Umlaufszeit des Mars nahe das Doppelte von jener der Venus sein. Aber sie ist nahe dreimal grösser, woraus sofort folgt, dass Mars sich wirklich langsamer bewege, als die der Sonne viel nähere Venus. Durch seine früheren glücklichen Entdeckungen aufgemuntert, suchte er daher auch, von einer Art von Vorgefühl getrieben, das Verhältniss, welches zwischen den Umlaufszeiten und den grossen Axen ihrer Bahnen statthaben soll. Und er suchte volle siebenzehn Jahre, ohne zu ermüden, und ohne die Idee aufzugeben, welche er von der Existenz eines solchen Verhältnisses einmal gefasst hatte.

Schon in einem seiner früheren Werke, in dem *Mysterium cosmographicum*, das im Jahre 1596 zu Gratz erschien, suchte er die sogenannten harmonischen Verhältnisse, mit welchen bereits die alten Pythagoräer so viel gespielt hatten, auf diese Distanzen der Planeten von der Sonne anzuwenden. Später wollte er ihnen in einem anderen Werke „*Harmonice mundi, Linz 1619*“ die verschiedenen Längen der Saiten anpassen, welche in der Tonlehre eine Terz, Quart, Octav u. s. w.

geben, fand aber auch diese Idee eben so wenig, als die vorhergehende, mit der Natur übereinstimmend. In dem letzten Werke suchte er auch die sogenannten platonischen Körper, den Kubus, das Tetraeder u. s. f. mit den Zwischenräumen der Planetenbahnen zu vergleichen. Aber auch diese wollten nicht passen, obschon er sich lange genug mit ihnen geplagt hatte. Später verglich er, immer wieder auf seine frühere Muthmassung zurückkommend, die verschiedenen Potenzen der Zahlen, welche die Umlaufszeiten und die grossen Axen bei den Planeten ausdrücken, aber auch hier konnte er nichts Genügendes finden, so dass er endlich nahe daran war, alle seine weiteren Spekulationen über diesen ihn schon so lange hinhaltenden Gegenstand gänzlich aufzugeben. Einige Tage nur nach dem letzterwähnten Versuche kam es ihm vor, als hätte er bei diesen Rechnungen, seiner Gewohnheit nach, sich von seiner Ungeduld verführen lassen, zu schnell gerechnet, und sich auch wohl ganz verrechnet. Sogleich nahm er die Sache noch einmal vor, rechnete jetzt bedächtiger, und fand bald, dass sein Verdacht gegen jene früheren Arbeiten nur zu gegründet war. Gleich die ersten Versuche zeigten ihm, dass er das so lange und so mühsam gesuchte Verhältniss endlich gefunden habe. Es war, wie er selbst in seiner *Harmonice mundi* S. 189 erzählt, am 15. Mai d. J. 1618, dass er die Freude hatte, seine siebenzehnjährigen Bemühungen durch diese schöne Entdeckung belohnt zu sehen. Er fand, dass sich die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten der Planeten wie die Würfel der grossen Axen ihrer Bahnen verhielten, und diess ist das dritte und letzte der von ihm entdeckten Naturgesetze. Wir werden die Wichtigkeit desselben weiter unten kennen lernen. Hier mag es uns genügen, zu bemerken, dass es uns das sicherste Mittel darbietet, diese grossen Axen selbst, die so schwer zu beobachten sind, aus den so leicht zu bestimmenden Umlaufszeiten (§. 122) abzuleiten. Alle Beobachtungen der zwei letzten Jahrhunderte, die seit der Entdeckung jener drei Gesetze verflossen sind, haben die Genauigkeit derselben in einem so hohen Grade bestätigt, dass fortan Niemand mehr an der Wahrheit derselben zweifeln kann. Sie sind es, die allen Bewegungen der Planeten, auch denen der entferntesten Kometen um die Sonne, so wie den Bewegungen der Satelliten um ihre Hauptplaneten zu Grunde liegen. Jahrtausende sind vorüber gezogen, und diese Gesetze blieben dem ganzen Menschengeschlechte unlesbar, obschon sie mit Feuerzügen auf dem gestirnten Himmel geschrieben waren, bis es endlich dem Scharfsinne und der unermüdlichen Geduld eines seltenen Mannes gelang, jene Charaktere zu entziffern und dadurch seinem eigenen Namen mit eben so unvergänglichen Zügen an demselben Himmel ein Denkmal zu setzen, ein Denkmal, das dauern wird, wenn andere Monumente von Erz und Stein längst zu Staub geworden sein werden.

§. 144. (Zusammenhang und Wichtigkeit dieser drei Gesetze.) Die Leser werden ohne unsere Erinnerung erwarten, dass in diesem eben so einfachen als erhabenen Codex des Himmels die in ihm enthaltenen Gesetze nicht der Willkür überlassen, oder, wie es wohl in so manchem anderen, menschlichen Gesetzbuche der Fall ist, bloss durch einzelne Fälle entstanden, und daher ohne weiteren Zusammenhang unter sich sein werden. Wir werden in der That später sehen, dass sie alle drei nur der Ausfluss eines einzigen, höchsten Gesetzes sind. Hier aber wird es hinreichen,

zu zeigen, dass das erste dieser Gesetze nicht nur durch das dritte bestätiget wird, sondern dass es zugleich durch dasselbe eine nähere Bestimmung erhält. Nach dem ersten Gesetze bewegen sich nämlich die Planeten so, dass die Fläche ihrer elliptischen Sectoren der Zeit proportional, oder dass diese Fläche, dividirt durch die auf sie verwendete Zeit, für jeden Planeten eine beständige Grösse ist. Allein diese beständige Grösse ist für jeden Planeten eine andere, und man sieht noch nicht, auf welche Weise diese constanten Grössen selbst unter einander zusammenhängen. Betrachtet man aber das erste und dritte Gesetz zugleich, so wird dieser Zusammenhang sogleich klar.

Wenn man durch einen der beiden Brennpunkte S oder S' (Fig. 29) auf der grossen Axe AB der Ellipse eine senkrechte Linie errichtet, so heisst diese Linie, so weit sie zu beiden Seiten von der Peripherie der Ellipse begrenzt ist, der Parameter der Ellipse, und man findet leicht, dass der halbe Parameter gleich ist dem Quadrate der halben kleinen, dividirt durch die halbe grosse Axe der Ellipse. Sind nun $2a$, $2a'$ die grossen, $2b$, $2b'$ die kleinen Axen, $2p$, $2p'$ die Parameter, und f, f' die Oberflächen von zwei Ellipsen, zu welchen die Umlaufszeiten t und t' gehören, so hat man, nach dem ersten Gesetze, in der einen Ellipse $f = ct$ und in der anderen $f' = c't'$, wo c und c' die zwei erwähnten constanten Grössen bezeichnen, die für eine und dieselbe Planetenbahn immer dieselben bleiben, von einer Bahn zur andern aber verschieden sind, und deren absolute Grösse für jede einzelne Bahn hier eben bestimmt werden soll.

§. 145. (Nähere Bestimmung des ersten Gesetzes.) Nach dem dritten Gesetze hat man für beide Planeten zugleich $a^3\, t'^2 = a'^3\, t^2$. Endlich ist, wie bereits oben (§. 136) gesagt wurde, die Oberfläche der ersten Ellipse gleich dem Produkte der Zahl 3.14159 in das Produkt beider Halbaxen, oder es ist $f = 3.14159ab$, und eben so hat man auch für die zweite Ellipse $f' = 3.14159a'b'$, so dass daher das erste Gesetz auch so ausgedrückt werden kann $3.14159\, ab = ct$ und $3.14159\, a'b' = c't'$. Vergleicht man aber diese beiden Ausdrücke mit dem oben für das dritte Gesetz gegebenen Ausdruck, so findet man sofort, dass die beiden Constanten c und c' sich genau wie die Quadratwurzeln aus den beiden halben Parametern p und p' der Bahnen verhalten, und dass daher das erste Kepler'sche Gesetz bestimmter so ausgedrückt werden muss: Die Fläche, welche der Radius Vector des Planeten beschreibt, verhält sich zu der Zeit, in welcher sie beschrieben wird, wie das Produkt von zwei beständigen Grössen. Von diesen zwei Grössen ist die eine gleich der Quadratwurzel aus dem Semiparameter, und gehört daher jeder einzelnen Planetenbahn ausschliessend an; die andere aber ist eine allen Planetenbahnen gemeinschaftliche beständige Grösse, die sich leicht bestimmen lässt, wenn man nur die Fläche einer einzigen dieser Planetenbahnen mit ihrem Parameter und der Umlaufszeit des Planeten in dieser Bahn kennt. Drückt man die Umlaufszeiten, wie wir bisher gethan haben, in Tagen und Theilen des Tages aus, so findet man für diese, allen Planeten und Kometenbahnen gemeinschaftliche Constante die Grösse 0.017202, und sie ist es, die unserem ganzen Sonnensysteme eigenthümlich ist, und gleichsam die Charakteristik dessen bildet, da man sie bei allen Planeten und Kometen, die sich um die Sonne bewegen, wieder findet. Anders verhält es sich mit den Bewegungen derjenigen

Gestirne, die sich um andere Centralkörper bewegen. So ist es z. B. mit den vier Satelliten Jupiters, die nicht um die Sonne, sondern um diesen ihren Hauptplaneten gehen, und die daher ein eigenes System bilden, dessen Charakteristik von dem vorhergehenden des eigentlichen Sonnensystems eben so verschieden ist, wie das System, welches unsere Erde mit ihrem Monde bildet *).

Obschon also das erste Gesetz viel allgemeiner ist, als das dritte, indem jenes, wie wir später sehen werden, überhaupt allen Bewegungen, die um einen fixen Punkt statthaben, oder indem es allen Centralbewegungen zukommt, während dieses sich nur auf die hier betrachtete specielle Centralbewegung der Planeten in Ellipsen bezieht, so ist doch, und zwar aus eben dieser Ursache, das dritte Gesetz dasjenige, welches den eigentlichen Charakter des Planetensystems ausdrückt, und durch welches alle Körper dieses Systems gleichsam zu einem besondern Staate unter sich verbunden werden. Die Planeten und Kometen, welche die Bevölkerung dieses Staates ausmachen, sind nicht mehr durch blosse Analogie, durch blosse Aehnlichkeit ihres äussern Aussehens, sondern sie sind durch wesentliche Kennzeichen, durch wahre Familienzüge mit einander verbunden, und um sie alle schlingt sich eine Kette der Verwandtschaft und des innigsten Zusammenhanges, die sich von dem Mittelpunkte des grossen Reiches bis an seine entferntesten Grenzen erstreckt. Dieses dritte Gesetz lehrt uns zugleich, dass die eigentliche Ursache der Bewegung aller jener Himmelskörper in der Sonne liege, und dass diese Kraft der Sonne, oder wie wir jene Ursache sonst nennen mögen, für alle jene Körper ohne Ausnahme dieselbe sein müsse. Sie wird zwar durch die Distanzen dieser Körper modificirt, indem sie

*) Auf den ersten Blick scheint es, als ob das erste und dritte Gesetz mit einander im Widerspruche wären. Da dieser Einwurf schon öfter vorgebracht worden ist, so wollen wir einen Augenblick dabei verweilen.

Ist f die Oberfläche, a die halbe grosse Axe und p der halbe Parameter einer Ellipse, und t die Umlaufszeit eines Planeten in dieser Ellipse, so hat man, nach dem ersten Gesetze, wie oben

$$f = ct$$

wo c eine constante Grösse ist. Nimmt man aber, wie oben (§. 5) die Grösse $\pi = 3.14159$, so ist bekanntlich $f = \pi a.\sqrt{ap}$. Setzt man diese beiden Werthe von f einander gleich, und nimmt man, der grössern Einfachheit wegen, die Planetenbahn kreisförmig, also $p = a$, so findet man sofort

$$\frac{t}{a^2} = \frac{\pi}{c}$$

und daraus folgt, dass sich die Umlaufszeiten wie die Quadrate der grossen Axen verhalten, was dem dritten Gesetze Kepler's offenbar widerspricht, nach welchem sich die Quadrate der Umlaufszeiten, wie die Würfel der grossen Axen verhalten sollen.

Allein das erste Gesetz muss, wie soeben im Texte gesagt, auf folgende Weise ausgedrückt werden:

$$f = C\sqrt{p}.\ t$$

wo C wieder eine constante Grösse bezeichnet, so dass daher die Grösse $c = C\sqrt{p}$, zwar für einen und denselben Planeten ebenfalls constant, aber für verschiedene Planeten verschieden ist. Vergleicht man diesen letzten Ausdruck von f mit dem Vorhergehenden $f = \pi a\sqrt{ap}$, so findet man

$$Ct = \pi.a^{3/2}$$

oder was dasselbe ist $a^3.\pi^2 = t^2.C^2$

und diess stimmt genau mit Kepler's drittem Gesetze überein.

auf die näheren stärker einwirkt, als auf die entfernteren, aber sie ist unabhängig von der Verschiedenheit der Stoffe, aus welchen diese Körper selbst bestehen mögen. Diese Kraft muss daher sehr verschieden sein von den magnetischen, elektrischen oder chemischen Kräften, deren Aeusserungen wir auf der Oberfläche der Erde zu beobachten Gelegenheit haben, und so ganz verschieden finden je nach der Beschaffenheit der Körper, auf die jene Kräfte wirken. Wenn unsere Erde durch irgend eine Macht plötzlich in die Region Jupiter's geführt und dort dieselbe Richtung und Geschwindigkeit wie jener Planet erhalten würde, so würde sie auch fortan in derselben Zeit und in derselben Bahn wie Jupiter selbst um die Sonne laufen, also in gleicher Weise wie Jupiter von der Sonne angezogen werden.

§. 146. (Uebersicht des ganzen Planetensystems.) Beschliessen wir diesen Gegenstand durch einen allgemeinen Ueberblick dieses Planetensystems, welchen uns dasselbe etwa gewähren würde, wenn wir es von einem sehr entfernten Standpunkte aus betrachten könnten. — In dem Mittelpunkte einer grossen Ebene soll eine Kugel von zwei Fuss im Durchmesser die Sonne vorstellen. Um sie, als Mittelpunkt, beschreiben wir mehrere concentrische Kreise. Der erste und nächste an der Sonne, dessen Halbmesser 82 Fuss, ist die Bahn Merkurs, den wir etwa in der Grösse eines Senfkorns darstellen können. In dem zweiten Kreise des Halbmessers, 142 Fuss, bewegt sich Venus von der Grösse einer Erbse; im dritten von 215 Fuss Halbmesser die nahe eben so grosse Erde; im vierten von 327 Fuss der im Durchmesser nur halb so grosse Mars. Dann folgen etliche und siebzig, in ihrer Ausdehnung nur wenig verschiedene Kreise von 400 bis 600 Fuss Halbmesser, in welchen die kleinen Planeten: Flora, Ariadne u. s. f. gehen, die alle nur die Grösse des kleinsten Sandkorns haben. Im nächsten Kreis, dessen Halbmesser nahe 1430 Fuss beträgt, ist Jupiter in der Grösse einer mässigen Orange; im folgenden, dessen Halbmesser 2284 Fuss, der etwas kleinere Saturn; im vorletzten Kreise, 3900 Fuss im Halbmesser, Uranus, nahe halb so gross als Saturn, und endlich im letzten, 5800 Fuss im Halbmesser, Neptun, ungefähr eben so gross wie Uranus. Ueber diese Grenze hinaus kennen wir einstweilen keinen Planeten mehr. Von den Kometen aber erreichen noch viele in ihren Aphelien andere, sehr weit ausser der Neptunbahn gelegene Gegenden. Der grosse Komet vom Jahre 1680, dessen äusserst excentrische elliptische Bahn wir noch mit einiger Verlässlichkeit kennen, entfernt sich 20mal weiter von der Sonne, als Neptun, oder seine grösste Entfernung würde in unserem Modelle 171600 Fuss, also nahe acht deutsche Meilen betragen. Jenseits seiner Bahn aber ist für uns völlig unbekanntes Land, und wir haben bereits oben gesehen, dass der nächste Fixstern von unserer Sonne wenigstens 200000 Erdweiten entfernt ist, eine Distanz, die in unserem Modelle gegen 2000 deutsche Meilen einnehmen würde.

Allein statt dieser zu sinnlichen und vielleicht schon tändelnden Darstellung haben wir die verschiedenen Verhältnisse der Distanzen und Grössen der Planeten am Ende des Werkes in Tafeln zusammengestellt, aus denen man den Bau und die Organisation des ganzen Systems mit mehr Genauigkeit abnehmen und gleichsam mit einem Blicke übersehen kann.

Kapitel X.

Nächste Folgen der elliptischen Bewegung der Planeten.

§. 147. (Bestimmung der Excentricität der Planetenbahnen.) Nach dem ersten Gesetze Kepler's (§. 136) sind die Flächen, welche der Radius Vector des Planeten beschreibt, der Zeit proportional. Wäre die Bahn desselben ein Kreis und die Sonne im Mittelpunkte dieses Kreises, so würden diese Flächen auch zugleich den Winkeln der Radien an der Sonne proportional oder die Bewegung der Planeten würde gleichförmig sein. Die Ungleichheiten, die man in der heliocentrischen Bewegung dieser Körper bemerkt, sind daher eine blosse Folge der Excentricität ihrer elliptischen Bahnen.

Vergleichen wir den Gang des wahren Planeten P (Fig. 30) in der Ellipse mit dem schon in §. 137 betrachteten imaginären oder mittleren Planeten M, der sich in einem Kreise $B'M$, dessen Mittelpunkt die Sonne ist, gleichförmig und so bewegt, dass er mit dem wahren Planeten immer zugleich durch die grosse Axe in B' und A' geht, dessen Bewegung daher die mittlere Bewegung des wahren Planeten, und dessen Umlaufszeit gleich der des wahren Planeten sein wird. Während sich also der mittlere Planet M in seinem Kreise gleichförmig bewegt, geht der wahre Planet P in der Ellipse ungleichförmig und zwar so, dass die Fläche BPS des elliptischen Sectors in jedem Tage um dieselbe Grösse wächst. Da die Bewegung des wahren Planeten zur Zeit seines Durchgangs durch das Perihelium B am grössten ist (§. 126), so wird er anfangs vor dem mittleren Planeten voraus, oder die Gleichung der Bahn, d. h. der Winkel MSP (§. 139) wird positiv sein, während sie im Perihelium selbst gleich Null gewesen ist. Da diese Gleichung aber im Aphelium A ebenfalls verschwindet, weil dann die beiden Planeten, der eine in A, der andere in A', zu gleicher Zeit durch die grosse Axe gehen, so muss es zwischen diesen beiden Punkten A und B einen dritten geben, wo die Gleichung der Bahn am grössten ist. Der eigentliche Werth dieser grössten Gleichung des Mittelpunkts wird bloss von der Excentricität e der Bahn abhängen, und man wird daher auch umgekehrt, wenn man diese grösste Gleichung G kennt, daraus die Excentricität e finden können. Die Geometrie zeigt, dass e nahe gleich ist der Grösse $0.000002424\ G$, wenn G in Sekunden ausgedrückt wird, und e eine sehr kleine Grösse ist. Diess gibt ein Mittel, die Excentricität der Bahn aus der grössten Gleichung derselben zu finden, da sich die letztere leicht beobachten lässt. Für die Erde hat man z. B. die Grösse $G = 1^0.927 = 6937''$ und daher $e = 0.0168$ für das Verhältniss der Excentricität zur halben grossen Axe der Erdbahn, wie wir auch schon §. 132 gefunden haben.

Auch wird es zwischen diesen beiden Punkten A und B einen andern geben, in welchem die Geschwindigkeit des wahren Planeten jener des mittleren gleich ist, von welchem Punkte aus dann die Bewegung des wahren Planeten immer kleiner wird, bis sie endlich im Aphe-

lium selbst am kleinsten ist. Aehnliche Bemerkungen wird man auch über die zweite Hälfte *AVB* der Bahn machen, in welcher die Gleichung der Bahn negativ, oder in welcher der mittlere Planet vor dem wahren voraus ist, während er in der ersten Hälfte *BPA* hinter dem wahren Planeten zurück bleibt.

Es kann übrigens hier schon bemerkt werden, dass diese Grösse *e* mit der Zeit Aenderungen, obschon in der That sehr kleinen Aenderungen unterworfen ist. Bei der Erdbahn z. B. ist diese Grösse jetzt gleich 0.0168, und sie nimmt mit jedem Jahrhundert um 0.000042 ab, aber nur bis zu einer gewissen Grenze, nämlich bis zu 0.0039, welche Grenze sie jedoch erst in nahe vierundzwanzigtausend Jahren erreicht, um dann wieder durch viele Jahrtausende zuzunehmen. Wir werden weiter unten den sehr merkwürdigen Einfluss kennen lernen, welchen diese Aenderung der Excentricität der Erdbahn auf die Bewegung unseres Mondes hat. Uebrigens ist diese säculäre Abnahme der Excentricität von 0.000042 in Theilen der halben grossen Axe der Erdbahn sehr gering, da sie in einem Jahre noch nicht neun d. Meilen, also in einem Tage nur 540 Fuss beträgt. Noch viel geringer ist die Aenderung der Excentricität der Merkursbahn, die in 100 Jahren nur 0.000009 Theile der Halbaxe dieser Planetenbahn, also in einem Tage nur zwanzig Fuss beträgt. Diese Aenderungen gehören daher zu den langsamsten, die wir am Himmel bemerken.

§. 148. (Bestimmung der Lage der Apsidenlinie.) So wie wir die Excentricität der Planetenbahnen aus der Beobachtung der grössten Gleichung des Mittelpunktes gefunden haben, welche Gleichung immer nahe in der Mitte zwischen den beiden Apsiden statthat, so werden wir nun auch die Lage der grossen Axe selbst aus denjenigen Punkten *A* und *B* der Bahn ableiten können, wo man die grösste und die kleinste heliocentrische Geschwindigkeit beobachtet oder wo der grösste und kleinste scheinbare Durchmesser derselben, wie er von der Sonne gesehen wird, statthat. Da aber diese Beobachtungen keine grosse Schärfe gewähren, so wird es besser sein, unter den Beobachtungen, die man eine ganze Umlaufszeit durch z. B. an der Sonne angestellt hat, diejenigen zwei herauszusuchen, die genau ein halbes Jahr von einander entfernt sind, und für welche die beiden Längen der Erde um 180 Grade verschieden sind. An der Vereinigung dieser beiden Eigenschaften erkennt man nämlich, dass die Erde in ihren Apsiden gewesen sein muss; für jede andere gerade durch die Sonne *S* gehende Linie ☊☋ wird die Differenz der beiden Längen der Erde in ☊ und ☋ zwar ebenfalls 180 Grade betragen, aber die Zeit durch den Bogen ☊*P*☋ wird beträchtlich kürzer sein, als die durch ☊*V*☋, weil in jenem Bogen das Perihelium, in diesem aber das Aphelium der Erde liegt, oder weil jener Bogen mit einer grösseren Geschwindigkeit als dieser von der Erde beschrieben wird.

Vergleicht man zwei solche Beobachtungen der Apsiden, die durch mehrere Jahrhunderte von einander getrennt sind, so findet man, dass die Länge des Periheliums, also auch die des Apheliums aller Planetenbahnen mit der Zeit immer grösser wird. Die Tafel am Ende des Werkes gibt diese Aenderung der Apsiden für die einzelnen Bahnen. Die Länge des Periheliums der Erdbahn z. B. wächst in jedem Jahre

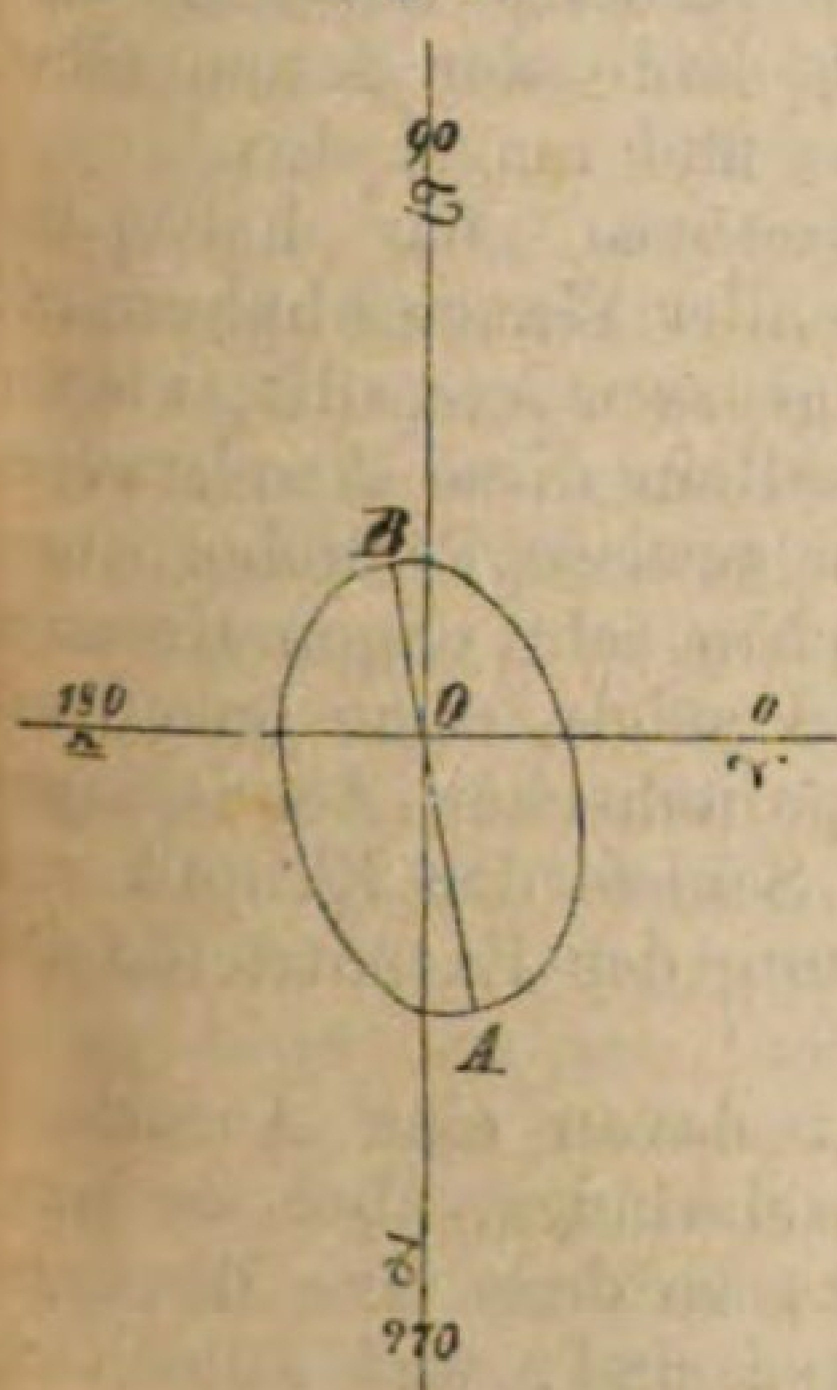
um 0°.0171. Wenn also die Erde, am Ende eines Jahres, wieder in dem Punkte ihrer Bahn ankömmt, wo am Anfange des Jahrs ihr Perihelium war, so wird sie noch 0°.0171 zurücklegen müssen, um auch jetzt ihr Perihelium wieder zu erreichen. Die Zeit, welche sie dazu braucht, wird $\frac{0.0171}{360}$ multiplicirt durch das tropische Jahr oder durch 365.24225, das heisst, diese Zeit wird 0.01736 Tage betragen. Die Erde wird also diese Zeit mehr brauchen, um ihre Umlaufszeit um die Sonne, in Beziehung auf ihr Perihelium zurückzulegen oder, wie man sagt, das anomalistische Jahr der Erde wird 365.24225 + 0.01736, das heisst 365.25961 Tage betragen. Noch genauer wird man die anomalistische Revolution der Erde sowohl, als auch die aller andern Planeten nach der in §. 120 gegebenen Vorschrift finden.

Da übrigens die grosse Axe der Erdbahn um den Mittelpunkt der Sonne, wie wir gesehen haben, in jedem Jahre in Beziehung auf den Frühlingspunkt den Winkel 0°.0171 zurücklegt, so wird ihre ganze Umdrehungszeit um die Sonne, während welcher sie einen Winkel von 360 Graden in Beziehung auf den Frühlingspunkt beschreibt, sehr nahe 20930 Jahre betragen.

§. 149. (Folgen der Bewegung der Apsiden.) Die Länge des Periheliums der Erde ist für die Mitte dieses Jahrhunderts, nach der Tafel am Ende des Werkes, gleich 100.35 Grade, und die jährliche Bewegung desselben in Beziehung auf die Aequinoctien ist 0°.0171.

Bezeichnen daher die zwei auf einander senkrechten Linien ♈♎ (Fig. 31) die Aequinoctial- und ♋♑ die Solstitiallinie (Einl. §. 22. *II.*), in deren Durchschnittspunkte *O* wir uns die Sonne vorstellen, so wird die elliptische Bahn der Erde für den Anfang dieses Jahrhunderts die in der Zeichnung angegebene Lage haben, wo *B* das Perihelium und *A* das Aphelium, also *AB* die grosse Axe der Erdbahn ist. In dieser Bahn ist die Erde zur Zeit des Frühlingsanfangs in demjenigen Punkte, wo die Ellipse von der Linie *O*♎ geschnitten wird, und eben so ist sie im Anfange des Sommers, des Herbstes und des Winters der nördlichen Hemisphäre in denjenigen Punkten, wo die Ellipse von den Linien *O*♑, *O*♈ und *O*♋ geschnitten wird, welche vier Punkte die Erde (nach §. 83) in der genannten Ordnung zur Zeit des 21. März, 21. Junius, 23. Septembers und 21. Decembers einnimmt. Wird die Ebene des Aequators durch die des Papiers vorgestellt, so wird diese Ebene von jener der Ekliptik, in welcher die Erdbahn liegt, in der Linie ♎♈ und zwar so geschnitten, dass der Theil der Ellipse, der von ♎♈ gegen ♋ zu liegt, über, der andere, gegen ♑ zu liegende Theil aber unter der Ebene des Papiers liegt. In jenem Theile, der auch das Perihelium enthält, ist die Erde zur Zeit unseres Winters, d. h. vom Anfang des Herbstes bis zum Anfang des Frühlings,

Fig. 31.



und in dem andern Theile hält sie sich zur Zeit unseres Frühlings und Sommers auf, so dass also, wie man sieht, die Erde in unserem Winter der Sonne näher steht, als im Sommer. Da unser Winter aber der Sommer der südlichen Halbkugel ist, so folgt daraus, dass auf gleichen Breiten die Sommer der südlichen Hemisphäre viel wärmer sein müssen, als auf der nördlichen, was die Erfahrung denn auch völlig bestätigt, indem die Hitze z. B. im Inneren von Australien weit unerträglicher ist als in der Sahara.

Da weiter die Bewegung der Erde im Perihelium am schnellsten und im Aphelium am langsamsten ist, so ist klar, dass jetzt Frühling und Sommer zusammengenommen etwas länger dauern, als Herbst und Winter. Der Unterschied beträgt in unserem Jahrhundert nahe acht Tage. Berechnet man nämlich z. B. mittelst der in §. 141 gegebenen Sonnentafel die Tage des Jahres, an welchen die Länge der Sonne gleich 0, 90, 180 und 270 Grade beträgt, so erhält man die Dauer einer jeden der vier Jahreszeiten. Man findet so die Zeit von dem Augenblicke, wo die Sonne im Frühlingsäquinoctium ist, bis zu dem, wo sie in das Sommersolstitium (§. 83) tritt, oder die Dauer des Frühlings auf der nördlichen Hemisphäre gleich 92.91 Tage, und eben so dauert jetzt der Sommer 93.57, der Herbst 89.70 und der Winter 89.07 Tage. Die Summe der beiden ersten beträgt 186.48 und die der beiden letzten 178.77 Tage, also 7.71 Tage weniger, als die erste Summe. Diese längere Dauer der beiden wärmeren Jahreszeiten wird bestehen, so lange das Perihelium der Erde auf derjenigen Seite der Aequinoctiallinie ♎♈ bleibt, auf der es jetzt ist. Aber in der Folge der Zeiten wird sich dieses Verhältniss umkehren, und dann wird die kältere Jahreszeit die längere sein. Man sieht, dass die Excentricität auf die Temperatur der Jahreszeiten im Ganzen einen unwesentlichen Einfluss äussert, denn in demselben Verhältnisse, in welchem sie die Erde der Sonne näher rückt, macht sie die Erde auch schneller gehen und umgekehrt.

§. 150. (Dauer der Jahreszeiten in verschiedenen Jahrhunderten.) Wir haben bereits oben (§. 139) gesehen, dass die Elemente aller Planetenbahnen mit der Zeit veränderlich sind, mit Ausnahme der grossen Axe, die, wie wir später zeigen werden, immer dieselbe bleibt. Allein diese Aenderungen sind sämmtlich sehr gering, und überdiess in gewisse Perioden eingeschlossen, während welcher sie, meistens zwischen sehr engen Grenzen, auf- und abgehen, wie die Schwingungen eines Pendels, ohne jene Grenzen je zu überschreiten. Beispiele solcher periodischer Aenderungen haben wir schon oben bei der Abnahme der Schiefe der Ekliptik und erst in diesem Kapitel (§. 147) bei der Aenderung der Excentricität der Erdbahn gefunden.

Bloss die Bewegung der Apsiden macht davon eine Ausnahme. Zwar gehen auch sie bald langsamer, bald geschwinder, aber doch zugleich immer nach derselben Richtung fort, so dass ihre Bewegungen in keine bestimmten Grenzen eingeschlossen sind, und allmählich, wenn gleich in Perioden von vielen Jahrtausenden, endlich den ganzen Himmel durchwandern. Wir werden weiter unten auf diesen sehr interessanten Gegenstand wieder zurückkommen. Hier wird es genügen, die Lage unserer Erdbahn zu den verschiedenen Epochen unserer Menschengeschichte etwas genauer zu betrachten.

Die Länge des Periheliums der Erde beträgt für den Anfang dieses

Jahrhunderts 99.5 Grade. Nach den Beobachtungen wächst die Länge desselben während jedes Jahrhunderts in Beziehung auf die Fixsterne um 0.3125 Grade. Addirt man dazu die säculäre Aenderung des Frühlingspunktes, die nach dem oben Gesagten 1.3947 Grade beträgt, so erhält man die säculäre tropische Aenderung des Periheliums 1.71 Grade, übereinstimmend mit dem Vorhergehenden.

Rechnet man mit dieser säculären Bewegung von $1^0.71$ zurück, in die Zeit, wo die Länge des Periheliums gleich 0^0 war, so findet man für diese Zeit 5800 Jahre, oder mit andern Worten: gegen das Jahr 4000 vor Chr. G. fiel das Perihelium *B* der Erdbahn in die Linie *O*♈ der Herbstnachtgleiche. Damals war also die grosse Axe dieser Bahn in der Linie der Nachtgleichen, und die kleine Axe derselben musste daher mit der Solstitiallinie ♋♑ parallel sein. Für diese Zeit war also auch die Dauer der beiden wärmern Jahreszeiten jener der kältern völlig gleich. Es ist auffallend, dass die meisten unserer Chronologen die Zeit der Entstehung der Erde, oder, wie man vielleicht angemessener sagen sollte, die Zeit der ersten Spuren des Menschengeschlechtes auf unserer Erde, in jene Epoche gesetzt haben.

Zur Zeit Hipparch's, 140 Jahre vor Ch. G., war die Länge des Periheliums 66 Grade und fiel daher in den Winkel ♈*O*♋, während das Aphelium in dem Winkel ♎*O*♑ lag. Zu jener Zeit betrug, nach den Beobachtungen dieses grossen Astronomen, die Dauer des Frühlings 94.5 und die des Sommers 92.5 Tage, so dass also der Frühling länger war, als der Sommer, so wie auch der Winter länger dauerte, als der Herbst, während jetzt das Gegentheil stattfindet.

Im Jahre 1250 nach Chr., zur Zeit Kaiser Friedrich's *II.* oder während des letzten Kreuzzuges unter Ludwig *IX.*, betrug die Länge des Perihels 90 Grade und fiel daher in die Linie *O*♋ des Wintersolstitiums, so dass also die grosse Axe der Ellipse in der Linie ♋♑ und die kleine in ♈♎ lag. Die Aequinoctiallinie ♈♎ theilte damals die Ellipse in zwei ungleiche Theile, und die Mitte des kleineren Theiles nahm das Perihelium ein, daher auch dieser Theil in einer viel kürzeren Zeit zurückgelegt wurde, als der andere, weil der Umfang jenes Theiles schon an sich kleiner war, und überdiess von der Erde mit einer grösseren Geschwindigkeit durchlaufen wurde. Die beiden kälteren Jahreszeiten waren also damals beträchtlich kürzer, als die Summe der beiden wärmern, obschon der Frühling mit dem Sommer, so wie auch der Herbst mit dem Winter eine und dieselbe Dauer hatte.

Nach 4670 Jahren von dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts, d. h. im Jahre 6470 nach Chr., wird die Länge des Periheliums 180 Grade betragen, und die Ellipse der Erdbahn wird dann eine Lage haben, welche jener um das Jahr 4000 vor Chr. G. ganz entgegengesetzt sein wird. Dann wird nämlich das Perihelium in die Linie *O*♎, das Aphelium in *O*♈ fallen, und die kleinere Axe der Ellipse wird mit der Solstitiallinie ♋♑ parallel sein. Nach dieser Epoche wird das Perihelium in den Winkel ♎*O*♑ treten, und die Dauer des Frühlings und des Sommers zusammengenommen wird kürzer werden, als die des Herbstes und Winters.

Alle diese Erscheinungen könnten nicht statthaben, wenn die Bahn der Erde ein Kreis, also die Bewegung der Erde gleichförmig wäre.

§. 151. (Zeitbestimmung. Sternzeit.) Die bisher betrachtete Bewegung der Erde, um sich selbst sowohl als auch um die Sonne, ist zugleich die Grundlage aller unserer Zeitrechnungen, eines der wichtigsten Elemente des bürgerlichen sowohl, als auch des wissenschaftlichen Lebens, daher sie hier eine besondere Rücksicht verdient.

Wir nennen bekanntlich Zeit den Eindruck, welchen eine Reihe von aufeinander folgenden Ereignissen auf unser Gedächtniss macht. Gewöhnlich messen wir sie durch die Bewegung irgend eines Körpers, von welchem wir voraussetzen, dass die Geschwindigkeit desselben immer dieselbe ist. Bei der Bewegung des Pendels z. B. haben wir diese Eigenschaft bemerkt, daher man dasselbe auch bei unsern Uhren allgemein als Regulator angewendet hat.

Aber auch am Himmel bemerken wir mehrere solche Bewegungen, die, allen unsern, selbst den genauesten Erfahrungen zu Folge, völlig gleichförmig vor sich gehen, und daher zur Zeitbestimmung sehr geschickt sind. Dahin gehören vor allen die Rotationen der Planeten, und unter diesen besonders die tägliche Rotation der Erde um ihre Axe, die, der Theorie und den Beobachtungen gemäss, völlig gleichförmig und seit den ältesten Zeiten immer dieselbe ist.

Man erkennt diese Bewegung der Erde an den Fixsternen, die ihren Ort am Himmel nicht ändern, und sich doch, in Folge jener Drehung der Erde, täglich um uns zu bewegen scheinen, und man sagt, dass ein Tag vollendet ist, wenn ein solcher Fixstern für uns wieder an demselben Punkte, z. B. für einen fixen Standpunkt des Auges, an derselben Thurmspitze erscheint, an welcher er gestern erschienen ist. Diese Zeit eines ganzen Tages pflegt man dann in 24 gleiche Theile einzutheilen, die man Stunden nennt, deren jede wieder 60 Minuten, so wie jede Minute 60 Sekunden hat, und diese kleineren Theile des Tages sind es eben, welche wir durch die oben erwähnten Pendel, d. h. durch unsere Uhren zu messen pflegen.

Da hier von der scheinbaren Bewegung des Himmels, d. h. von der wahren täglichen Bewegung der Erde, die Rede ist, und da diese um die Axe der Erde, oder parallel mit dem Aequator, vor sich geht, so kann man auch sagen, dass der Tag die Zeit ist, in welcher jeder Punkt des Aequators seinen ganzen Umkreis oder volle 360 Grade um den Mittelpunkt der Erde zurücklegt, so dass daher in einer Stunde 15 Grade, in einer Zeitminute 15 Raumminuten, und in einer Zeitsekunde 15 Raumsekunden (Einl. §. 1) des Aequators durch den Meridian gehen.

Gewöhnlich wählt man zu diesem Zwecke unter den fixen Punkten des Himmels denjenigen, welchen eben der Frühlingspunkt einnimmt. Dieser Punkt ist zwar, wie wir bereits gesehen haben, selbst nicht ganz unbeweglich, aber seine Bewegung ist so langsam und gleichförmig, dass man, wenigstens bei dieser ersten Betrachtung des Gegenstandes, sie ganz ausser Acht lassen kann.

Wir sagen also, dass der Sterntag gleich ist der Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen des Frühlingspunktes durch den Meridian, und dass, für einen jeden Ort der Erde, dieser Tag in dem Augenblicke anfängt und endet, in welchem der Frühlingspunkt durch den Meridian dieses Ortes geht. Eine Stunde nach dieser Culmination hat jeder Punkt des Aequators, also auch der Frühlingspunkt selbst, den 24sten

Theil seines Umkreises zurückgelegt, oder der Stundenwinkel (Einl. §. 19) dieses Punktes ist gleich einer Stunde, oder gleich 15 Graden, und eben so wird in 2, 3, 4 Stunden nach der Culmination dieses Punktes der Stundenwinkel desselben 2, 3, 4 Stunden, oder 30, 45, 60 Grade betragen u. s. w., so dass man daher kurz sagen kann: der Sterntag ist die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen des Frühlingspunktes, und die Sternzeit eines jeden solchen Tages ist der Stundenwinkel dieses Frühlingspunktes (Einl. §. 28).

§. 152. (Mittlere und wahre Sonnenzeit.) Allein wir sind von jeher gewohnt, die Sonne als das eigentliche Mass unserer Zeit zu betrachten, wie sie sich denn auch in der That ganz vorzüglich dazu eignet. Durch die tägliche Abwechslung von Licht und Schatten gibt sie uns den Tag und die Nacht, welche beide zusammen den Tag, im weitern Sinne des Worts, bilden, und eben so gibt sie uns, durch ihre Wiederkehr zu dem Frühlingspunkte, die Abwechslung der vier Jahreszeiten, welche zusammen unser Jahr ausmachen.

Wir werden daher, analog mit dem Vorhergehenden, sagen: der Sonnentag ist die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne, und die Sonnenzeit eines jeden Ortes ist der Winkel, welchen die Sonne seit ihrem letzten Durchgang durch den Meridian dieses Ortes, in Beziehung auf den Aequator, zurückgelegt hat, d. h. die Sonnenzeit eines jeden Augenblicks ist der Stundenwinkel der Sonne für denselben Augenblick.

Allein hier begegnen wir sogleich einer Schwierigkeit, die wir, ehe wir weiter gehen, zu entfernen suchen müssen.

Die Zeit geht gleichförmig fort und kann daher auch nur durch solche Bewegungen gemessen werden, die ebenfalls gleichförmig vor sich gehen, wie wir bereits oben (§. 151) gesagt haben. Die Sonne aber geht, wie wir aus dem *IX*. Kapitel von ihrer elliptischen Bewegung wissen, bald langsamer, bald geschwinder in ihrer Bahn, und sie kann daher eigentlich nicht als Zeitmesser gebraucht werden. Ja selbst, wenn sie in der Ekliptik immer mit derselben Geschwindigkeit fortginge, so würde doch diese ihre in der Ekliptik gleichförmige Bewegung, in Beziehung auf den Aequator, wieder ungleichförmig erscheinen, und da wir, wie gesagt, die Zeit auf dem Aequator messen, so würde die Sonne auch dann nicht als Zeitmass gebraucht werden können, wenn sie selbst eine an sich vollkommen gleichförmige Bewegung hätte. Die Tage, die Stunden des einzelnen Tags, und selbst die kleineren Theile desselben, würden in verschiedenen Jahreszeiten nicht mehr dieselbe Dauer haben, und das Mass, mit dem wir die Zeit bestimmen wollten, würde selbst ungleich und veränderlich, und daher zu allen Zeitmessungen, in welchen nur einige Genauigkeit erfordert wird, unbrauchbar sein.

Dem ungeachtet dringt sich uns diese Sonne gleichsam zum Zeitmasse auf, und sie ist überdiess, seit den ältesten Zeiten, so allgemein als ein solches gebraucht worden, dass wir nicht umhin können, zuzusehen, ob sich jene Unregelmässigkeiten ihrer Bewegung, die wir aus der Natur selbst nicht wegschaffen können, vielleicht doch im Gebrauche durch Rechnung umgehen lassen mögen.

§. 153. (Zeitgleichung.) Die Sonne eignet sich also, so wie sie ist, nicht zur Zeitbestimmung, weil sie erstens, wegen ihrer elliptischen Bahn,

eine ungleichförmige Bewegung hat, und weil diese Bewegung zweitens, selbst wenn sie gleichförmig wäre, in Beziehung auf den Aequator, in welchem wir allein die Zeit messen, doch wieder ungleichförmig erscheinen würde. Würde sich die Sonne, statt in einer Ellipse, in einem Kreise, also gleichförmig bewegen, und würde dieser Kreis selbst in der Ebene des Aequators liegen, so würden beide Hindernisse wegfallen, und die Sonne würde ganz eben so gut, wie oben der Frühlingspunkt, zur Messung der Zeit gebraucht werden können.

Wir haben uns aber schon oben (§. 135 und 137), wo wir einem ähnlichen Hindernisse begegneten, bei der Bestimmung des Orts der Erde oder der Sonne in ihrer elliptischen Bahn, eines Mittels bedient, das wir, mit einer kleinen Veränderung, auch hier wieder anwenden können. Wir haben uns nämlich zu jenem Zwecke eine imaginäre Sonne, eine mittlere Sonne, wie wir sie §. 137 nannten, vorgestellt, welche die Eigenschaft hat, dass sie in derselben Ebene der Ekliptik, wie die wahre Sonne, aber gleichförmig um die Erde, und zwar so geht, dass sie mit der wahren Sonne immer zugleich in den beiden Punkten der Apsidenlinie eintrifft, also auch mit der wahren Sonne dieselbe Umlaufszeit hat. Mit Hülfe dieser mittleren Sonne, deren Ort in der Ekliptik, oder deren Länge wir dort für jede Zeit durch eine einfache Addition gefunden haben, wurde es uns leicht, durch eine kleine Rechnung auch den, nie weit davon entfernten Ort der wahren Sonne aufzufinden.

Denken wir uns nun noch eine zweite mittlere Sonne, welche ebenfalls gleichförmig, aber in der Ebene des Aequators einhergeht, und welche immer zugleich mit jener ersten, mittleren Sonne durch die beiden Punkte der Nachtgleichen geht, deren Umlaufszeit also wieder dieselbe, wie jene der beiden andern Sonnen, ist. Diess vorausgesetzt, wird es sehr leicht sein, den Ort dieser zweiten mittleren Sonne im Aequator, d. h. ihre Rectascension für jeden Augenblick anzugeben. Diese Rectascension wird nämlich offenbar gleich der Länge der ersten mittleren Sonne sein, und diese letzte erhält man sofort aus der Tafel des §. 141. So haben wir z. B. für den 10. Julius des Jahres 1852 im Mittag Wiens

1852	280°.267
0 Juli	178°.402
10 Tage . . .	9°.857
	468°.526

oder die gesuchte Rectascension der zweiten mittleren Sonne für diesen Augenblick ist 108°.526 oder nach Einl. §. 1 in Zeit $7^h\ 14^m\ 6^s$.

Dieser Punkt des Aequators also, den die zweite mittlere Sonne einnimmt, und den man für jeden Augenblick so leicht finden kann, dieser Punkt wird es sein, dessen Stundenwinkel die mittlere Sonnenzeit für diesen Augenblick angeben wird.

Welches wird aber der Punkt des Aequators sein, welchem in demselben Augenblick die wahre Sonne entspricht, d. h. derjenige Punkt, der in diesem Augenblick von dem Declinationskreise der wahren Sonne getroffen wird? — Man wird diesen Punkt kennen, wenn man die Rectascension der wahren Sonne kennt. Diese Rectascension aber wird man leicht finden, wenn man einmal die Länge der wahren Sonne weiss,

und diese letzte findet man durch dieselbe Tafel des §. 141, wenn man an die bereits gefundene mittlere Länge 108°.517 die Gleichung der Bahn anbringt. Man hat nämlich, nach §. 142, das Argument 468.526 — 280.420 = 188.106, mit welchen man die Gleichung der Bahn 0.265, und daher die wahre Länge der Sonne gleich 108°.261 findet.

Kennt man aber die Länge der wahren Sonne, so ist es leicht, daraus auch die Rectascension derselben abzuleiten. Es ist nämlich die Tangente der Länge multiplicirt mit dem Cosinus der Schiefe der Ekliptik (23° 28′) gleich der Tangente der Rectascension, welche letzte man daher hier gleich 109° 47′.1, oder in Zeit gleich $7^h\ 19^m\ 8^s$ findet.

Und dieser letzte Punkt des Aequators, der um $7^h\ 19^m\ 8^s$ vom Frühlingspunkte absteht, und der die Rectascension der wahren Sonne für den gegebenen Augenblick (1852, Juli 10) bestimmt, dieser Punkt muss es sein, dessen Stundenwinkel die wahre Sonnenzeit für jenen Augenblick angeben wird.

Der Unterschied im Stundenwinkel zwischen beiden eben bestimmten Punkten des Aequators d. h. die Rectascension der wahren Sonne weniger der Länge der ersten mittleren Sonne, oder hier die Zahl $7^h\ 19^m\ 8^s - 7^h\ 14^m\ 6^s = 5^m\ 2^s$ wird also der Unterschied zwischen der mittleren und wahren Sonnenzeit für diesen Augenblick sein. Man nennt diesen Unterschied die Zeitgleichung, und addirt ihn mit seinem Zeichen zur wahren Zeit, um die mittlere Zeit zu erhalten.

Es ist somit sehr leicht, die Zeitgleichung für jeden gegebenen Augenblick durch eine einfache Rechnung, und daher auch die wahre Zeit für jede gegebene mittlere Zeit und umgekehrt zu erhalten. Die Astronomen haben auch dafür eigene Tafeln entworfen, durch welche diese Verwandlungen der beiden Zeiten noch erleichtert werden. Auch findet man in den astronomischen Ephemeriden und den besseren Kalendern diese Zeitgleichung, oder den sogenannten Stand der Uhren für jeden Mittag des Jahres angegeben, woraus man sie dann auch leicht für jede zwischen diese Mittage fallende Zeit berechnen kann.

§. 154. (Gebrauch der astronomischen Uhren.) Die wahre Zeit ist Gegenstand der Beobachtung, weil diese an der wahren Sonne angestellt werden kann. Die mittlere Zeit hingegen kann nicht unmittelbar durch Beobachtung gefunden, sondern aus dieser nur durch Rechnung abgeleitet werden. Im Augenblicke, wo man die wahre Sonne durch den Meridian seines Ortes gehen sieht, hat der wahre Mittag statt oder es ist 12^h an diesem Orte. Hat man diese Culmination der Sonne z. B. am 10. Julius 1852 zu einer Zeit beobachtet, wo die dazu gebrauchte Uhr $12^h\ 2^m\ 30^s$ gab, so sagt man, die Uhr ging für diesen Augenblick zu früh um $2^m\ 30^s$ gegen wahre Zeit, und da, nach dem Vorhergehenden, für die Zeit dieses wahren Mittags die mittlere Zeit $12^h\ 5^m\ 2^s$ sein soll, so kann man auch sagen, die Uhr ging in diesem Augenblicke zu spät um $2^m\ 32^s$ gegen mittlere Zeit.

Die älteren Astronomen gebrauchten durchgängig die Vergleichung ihrer Uhren mit der wahren Sonnenzeit, und dieser Gebrauch war auf dem Festlande Europa's noch vor wenigen Jahrzehnden üblich. Die englischen Astronomen führten seit Bradley, d. h. seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, die mittlere oder eigentlich, wie wir bald sehen werden, die Sternzeit (§. 151) bei ihren Beobachtungen ein, indem sie, wie in der vorhergehenden zweiten Vergleichung, den Stand ihrer Uhren

unmittelbar mit einer dieser beiden letzten Zeiten verglichen, und diess ist allerdings besser, da diese Zeiten gleichförmig fortschreiten, was bei der wahren Sonnenzeit nicht der Fall ist. Wenn man aber die Uhren unmittelbar mit der wahren Zeit vergleicht, so wird man, selbst wenn die Uhr ganz gut, d. h. völlig gleichförmig geht, für die aufeinander folgenden Mittage ungleiche Correction der Uhr erhalten (*IV.* Abth.).

§. 155. (Einführung der mittleren Zeit in das bürgerliche Leben. In dieser mittleren Zeit pflegen die Astronomen alle ihre Beobachtungen anzugeben, obschon sie dieselbe alle unmittelbar, entweder in wahrer oder vielmehr, wie wir bald sehen werden, in Sternzeit gefunden haben. In derselben mittleren Zeit werden auch alle Elemente und Tafeln der Planeten berechnet. So beziehen sich die Umlaufszeiten des §. 97 und 146, die täglichen Bewegungen des §. 139 und 141 durchaus nur auf mittlere Zeit und mittlere Sonnentage. Selbst im bürgerlichen Leben hat man, wenigstens in den grössern Städten Europa's, diese mittlere Zeit bereits eingeführt, indem man den Bewohnern derselben, meistens von den Sternwarten dieser Städte, jeden Tag den Augenblick des mittleren Mittags durch ein besonderes Zeichen anzugeben pflegt, so dass sie ihre Uhren und dadurch auch ihre Geschäfte nur nach der mittleren Zeit richten, während unsere Vorfahren, die sich an die wahre Zeit hielten, ihre Uhren, selbst wenn sie vollkommen gut, d. h. gleichförmig gingen, an jedem wahren Mittage wieder neu einstellen oder, mit andern Worten, ihre Uhren durch diese immerwährende Correction verderben mussten, um sie dadurch zu zwingen, mit der ungleichförmig gehenden Sonne gleichen Schritt zu halten.

Die Sonnenuhren z. B., nach welchen leider noch viele unserer Uhrmacher sich zu richten pflegen, weil sie die besseren Mittel, ihre Zeit zu bestimmen, nicht kennen, geben natürlich nur die wahre Zeit an, und man muss daher die Zeitgleichung für alle Mittage des Jahrs kennen, um daraus die mittlere Zeit jedes wahren Mittags zu finden, wenn man die Uhr, wie es sein soll, mit dieser mittleren Zeit vergleichen will. Zwar hat man auch eigene Vorrichtungen an mehreren Sonnenuhren angebracht, durch welche man aus dem Endpunkte des Schattens, welchen ihre Stiele werfen, auch die mittlere Zeit des wahren Mittags unmittelbar ablesen kann. Man erkennt diese Uhren an einer eigenen Zeichnung, an einer krummen Linie, welche die Gestalt der Ziffer 8 hat, und die in der Nähe der Schattenlinie des Mittags angebracht ist. Allein diese Zeichnungen sind gewöhnlich eben so unvollkommen als die ganze Sonnenuhr, und unsere Uhrmacher, wenigstens jene, denen es um eine genaue Zeitbestimmung zu thun ist, sollten Mittel dieser Art um so weniger gebrauchen, als ihnen, wie wir später sehen werden, viel einfachere und bessere Mittel zugleich zu Gebote stehen.

Die folgende Tafel gibt diese Zeitgleichung auf den zehnten Theil einer Minute genau, was zu den gewöhnlichen Bedürfnissen hinreichend ist, von fünf zu fünf Tagen des Jahres. Sie ist für solche Jahre ganz genau, die in der Mitte zwischen zwei Schaltjahren stehen, wie 1850, 1854 u. f., doch ist sie auch für andere Jahre nur um einige Sekunden unrichtig. Man setzt diese Zeitgleichung mit ihrem Zeichen zu 12^h oder zu dem wahren Mittage, um die mittlere Zeit des wahren Mittags an diesem Tage zu erhalten. So ist z. B. diese mittlere Zeit am 1. Januar gleich $12^h\ 3^m.8$ oder $12^h\ 3^m\ 48^s$ und am 1. Mai gleich

$23^h\ 56^m.9$ oder $23^h\ 56^m\ 54^s$. Viermal im Jahre endlich, am 15. April, 15. Junius, 1. September und 25. December sind beide Zahlen einander gleich, oder die Zeitgleichung ist Null. Das Zeichen — zeigt an, dass die mittlere Zeit kleiner ist, als die wahre.

Zeitgleichung.

Januar	1	$3^m.8$	Juli	5	$4^m.1$
	6	6.1		10	4.9
	11	8.2		15	5.5
	16	10.0		20	5.9
	21	11.6		25	6.1
	31	13.7		30	6.1
Februar	5	14.3	August	4	5.8
	10	14.6		9	5.2
	15	14.5		14	4.5
	20	14.0		19	3.4
	25	13.4		24	2.2
März	2	12.4		29	0.8
März	7	11.3	September	3	— 0.7
	12	10.0		8	— 2.3
	17	8.6		13	— 4.0
	22	7.1		18	— 5.8
	27	5.6		23	— 7.6
April	1	4.0		28	— 9.3
April	6	2.5	October	3	— 10.9
	11	1.1		8	— 12.6
	16	— 0.2		13	— 13.3
	21	— 1.3		18	— 14.7
	26	— 2.3		23	— 15.5
Mai	1	— 3.1		28	— 16.1
Mai	6	— 3.6	November	2	— 16.2
	11	— 3.9		7	— 16.2
	16	— 3.9		12	— 15.7
	21	— 3.8		17	— 14.9
	26	— 3.4		22	— 13.7
	31	— 2.8		27	— 12.2
Juni	5	— 2.0	December	2	— 10.4
	10	— 1.1		7	— 8.4
	15	0.0		12	— 6.1
	20	1.0		17	— 3.7
	25	2.1		22	— 1.2
	30	3.1		27	1.2
				32	3.7

§. 156. (Vergleichung der Sternzeit mit der mittleren Sonnenzeit.) Da die in §. 153 betrachtete zweite mittlere Sonne mit der ersten, von welcher wir in §. 137 gesprochen haben, zu derselben Zeit durch die beiden Aequinoctien geht, so ist auch die Umlaufszeit beider Sonnen gleich dem tropischen Jahre (§. 120) der Erde, oder gleich 365.242255 mittleren Sonnentagen. In dieser Zeit nimmt also die Länge der ersten, oder, was dasselbe ist, die Rectascension der zweiten mittleren Sonne um volle 360 Grade zu, und da diese Zunahme durch das ganze Jahr gleichförmig ist, so folgt, dass die Rectascension dieser zweiten mittleren Sonne während der Dauer eines mittleren Sonnentages um 360^0, dividirt durch

365.242255, das heisst um 0.9856472 Grade zunimmt. Bringt man diesen Winkel auf Zeit, indem man ihn durch 15 dividirt, so erhält man 0.0657098 Stunden oder 0 St. 3 M. 56.555 Sek., oder endlich 0.0027379 Tage.

Wenn demnach, an einem bestimmten Tage, diese zweite Sonne zugleich mit dem Frühlingspunkte durch den Meridian eines gegebenen Ortes geht, oder wenn für diesen Tag der Anfang des Sterntages und des mittleren Sonnentages auf denselben Augenblick fällt, so wird an dem folgenden Tage die Sonne, vermöge ihrer eigenen Bewegung, östlich von dem Frühlingspunkte stehen, und zwar, im Augenblicke der zweiten Culmination der mittleren Sonne, um den 0.0027379sten Theil eines Sterntages, so dass der mittlere Sonnentag gleich 1.0027379 Sterntage, und daher auch umgekehrt, der Sterntag gleich $\frac{1}{1.0027379}$ oder 0.9972696 eines Sonnentages ist. Mit andern Worten, der mittlere Sonnentag ist um $3^m\,56^s.555$ eines Sterntages länger als der Sterntag, oder der Sonnentag hat $24^h\,3^m\,56^s.555$ Sternzeit, und der Sterntag hat nur $23^h\,56^m\,4^s.0913$ mittlere Zeit. Daraus folgt zugleich, dass das tropische Jahr oder die Zeit von 365.242255 Sonnentagen gleich ist 366.242255 Sterntagen, oder dass nach Verfluss eines tropischen Jahres der Frühlingspunkt genau einen vollen Umlauf mehr um die Erde gemacht hat, als die mittlere Sonne.

Diesem gemäss dreht sich also unsere Erde in einem Sterntag, d. h. in $23^h\,56^m\,4^s.09$ mittlerer Sonnenzeit um ihre Axe, oder in dieser Zeit scheinen sich alle Fixsterne, die ihren Ort am Himmel nicht verändern, um die als unbeweglich angenommene Erde zu drehen. Die mittlere Sonne aber dreht sich in einem mittleren Tag oder in 24 Stunden mittlerer Zeit, d. h. in $24^h\,3^m\,56^s.555$ Sternzeit um die Erde. Gebraucht man also eine mittlere Uhr, so soll dieselbe bei jeder Culmination der mittleren Sonne oder an jedem mittleren Mittag genau $12^h\,0^m\,0$, geben. Die Fixsterne aber werden jeden Tag um $3^m\,55^s.91$ mittlerer Zeit früher culminiren, als an dem vorhergehenden Tag. Gebraucht man aber eine Sternuhr, so wird dieselbe, wenn sie richtig geht, bei jeder Culmination des Frühlingspunktes genau $12^h\,0^m\,0^s$ geben, die mittlere Sonne aber wird jeden Tag um $3^m\,56^s.555$ Sternzeit später culminiren, als an dem vorhergehenden Tag.

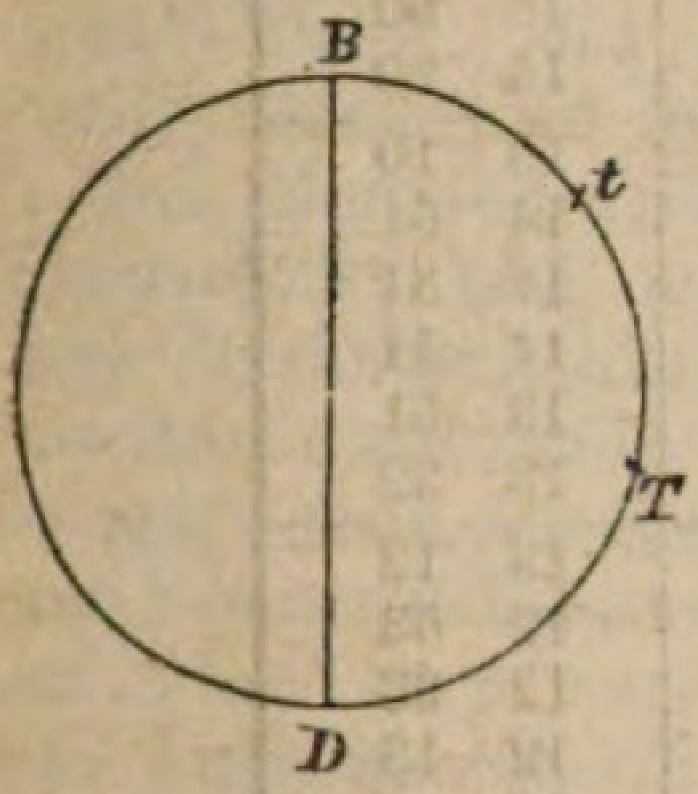
Mittelst dieser Zahlen ist es nun leicht, jedes gegebene, in Sternzeit ausgedrückte Intervall in mittlerer Zeit auszudrücken, wenn man von jeder Stunde der Sternzeit 9.829 Sekunden subtrahirt, oder auch umgekehrt, jedes in mittlerer Zeit gegebene Intervall in Sternzeit auszudrücken, wenn man zu jeder Stunde mittlerer Zeit 9.856 Sekunden addirt.

§. 157. (Verwandlung dieser beiden Zeiten.) Allein wie findet man die absolute Sternzeit für einen Augenblick, der bloss in mittlerer Zeit gegeben ist, oder umgekehrt, wie findet man die mittlere Zeit eines in Sternzeit ausgedrückten Moments?

Nach dem, was in §. 151 und 152 gesagt wurde, ist die mittlere Zeit eines gegebenen Augenblicks der Stundenwinkel der mittleren Sonne, und die Sternzeit ist der Stundenwinkel des Frühlingspunktes für denselben Augenblick. Es stelle daher der Kreis *BTD* (Fig. 32) den

Aequator, und die gerade Linie *BD* den Durchschnitt des Aequators mit der Ebene des Meridians vor. Sei für den gegebenen Augenblick der Frühlingspunkt in *T* und die mittlere Sonne in *t*, so ist also der Bogen *BT* der Stundenwinkel (Einl. §. 28) des Frühlingspunktes oder die gesuchte Sternzeit, und *Bt* ist der Stundenwinkel der zweiten mittleren Sonne oder die gegebene mittlere Zeit. Allein der Bogen *Tt* ist zugleich die Rectascension (Einl. §. 22) der zweiten, oder was dasselbe ist, die Länge der ersten mittleren Sonne (§. 153), die man sehr leicht durch die Tafel des §. 141 finden kann. Man sieht daher, dass man für jede gegebene mittlere Zeit zu derselben nur die Rectascension der mittleren Sonne, welche für diese Zeit statthat, addiren darf, um sofort die gesuchte Sternzeit zu erhalten. Ist z. B. für den mittleren Mittag des 10. Julius 1852 die mittlere Zeit 0^h gegeben, so hat man für diese Zeit bereits oben (§. 153) die Rectascension der mittleren Sonne $108^0.526$ oder in Zeit $7^h\ 14^m\ 6^s$, und diess ist hier zugleich die gesuchte Sternzeit dieses Augenblickes, da in diesem Beispiele die mittlere Zeit 0 ist.

Fig. 32.



Die folgende Tafel gibt noch bequemer für jeden fünften Tag des Jahres diejenigen mittleren Zeiten, um welche der Frühlingspunkt culminirt, oder zu welchen es 0^h Sternzeit ist. Diese Zahlen nehmen für jeden Tag nahe um $0^h\ 4^m$ ab. Eigentlich gehören sie wieder nur für solche Jahre, die, wie 1850, 1854..., zwischen zwei Schaltjahren in der Mitte liegen. Für solche Jahre, welche die ersten nach einem Schaltjahre sind, wird man alle Zahlen um 1^m vermindern, und für die ersten vor einem Schaltjahre um 1^m vermehren, für Schaltjahre selbst endlich werden die Zahlen der beiden ersten Monate um 2^m vermehrt, und die aller anderen Monate um 2^m vermindert.

Will man also z. B. wissen, welche Sternzeit am 12. Febr. 1850 der mittleren Zeit $4^h\ 35^m$ entspricht, so findet man aus der Tafel, dass es an diesem Tage um $2^h\ 32^m$ mittlere Zeit 0^h Sternzeit ist, also ist es $2^h\ 3^m$ später oder um $4^h\ 35^m$ mittl. Zeit $2^h\ 3^m$ Sternzeit.

Wollte man umgekehrt die mittlere Zeit kennen, welche z. B. am 11. Oct. 1852 um $6^h\ 7^m$ Sternzeit stattfindet, so folgt aus der Tafel mit Rücksicht auf das Schaltjahr, dass es an diesem Tage um $10^h\ 40^m$ mittl. Zeit 0^h Sternzeit, also auch um $6^h\ 7^m$ Sternzeit $16^h\ 47^m$ mittl. Zeit oder $4^h\ 47^m$ Morgens ist.

Mittlere Zeit für 0^h Sternzeit.

Januar	1	5^h 18^m	Juli	5	17^h 9^m
	6	5 0		10	16 48
	11	4 39		15	16 29
	16	4 18		20	16 10
	21	3 59		25	15 50
	31	3 20		30	15 30
Februar	5	3 0	August	4	15 10
	10	2 40		9	14 51
	15	2 20		14	14 31
	20	2 0		19	14 11
	25	1 41		24	13 51
März	2	1 21		29	13 32
März	7	1 1	September	3	13 12
	12	0 42		8	12 53
	17	0 23		13	12 33
	22	0 2		18	12 13
	27	23 43		23	11 53
April	1	23 23		28	11 34
April	6	23 3	October	3	11 16
	11	22 44		8	10 54
	16	22 24		13	10 34
	21	22 4		18	10 15
	26	21 45		23	9 55
Mai	1	21 25		28	9 35
Mai	6	21 5	November	2	9 16
	11	20 46		7	8 57
	16	20 26		12	8 37
	21	20 6		17	8 17
	26	19 46		22	7 57
	31	19 27		27	7 37
Juni	5	19 7	December	2	7 17
	10	18 47		7	6 58
	15	18 27		12	6 38
	20	18 7		17	6 18
	25	17 47		22	5 58
	30	17 28		27	5 37
				32	5 17

§. 158. (Gebrauch der Sternzeit.) Da die Sternzeit der Stundenwinkel des Frühlingspunkts ist, und da für jeden Stern, im Augenblicke seiner Culmination, dieser Stundenwinkel des Frühlingspunkts gleich der Rectascension des culminirenden Sterns sein muss (Einl. §. 28), so ist auch die Sternzeit der Culmination eines jeden Sterns gleich der Rectascension desselben in Zeit ausgedrückt.

In den astronomischen Ephemeriden findet man für jeden Tag des Jahres die Rectascension der Sonne, des Mondes und aller Planeten bereits voraus berechnet. Beobachtet man also diese Gestirne an einer nach mittlerer Sonnenzeit gehenden Uhr, so wird man, mit Hülfe der vorstehenden Tafel, auch leicht die mittlere Zeit der Culmination derselben finden, da ihre Rectascension zugleich die Sternzeit ihrer Culmination ist, vorausgesetzt, dass diese Rectascension schon für die Zeit ihres Durchgangs durch den Meridian berechnet worden ist. Dasselbe wird man auch bei den Fixsternen thun, deren Ort in den Sterncatalogen durch Rectascension und Declination gegeben ist. Da nun die

Zahlen obiger Tafel für jeden Tag um nahe vier Minuten abnehmen, so kommen auch alle Fixsterne jeden folgenden Tag um vier Minuten, oder genauer, um $3^m\ 55^s.907$ mittlerer Zeit früher in den Meridian, als an dem vorhergehenden Tage. Man nennt diess die Acceleration der Fixsterne. Wegen dieser Acceleration wird die mittlere Zeit der Culmination jedes Fixsterns, obgleich sein Ort am Himmel ganz unverändert bleibt, das ganze Jahr durch immer auf eine frühere Tagesstunde fallen, und anfangs, wenn er z. B. bei der Sonne ist, um Mittag, in drei Monaten später um 6 Uhr Morgens, nach sechs Monaten um Mitternacht, und nach neun Monaten um 6 Uhr Abends culminiren. Diese Veränderlichkeit macht eine, zwar sehr leichte, aber doch durch ihre immerwährende Wiederholung beschwerliche Reduction nothwendig, die man ganz übergehen kann, wenn man seine Uhr, nicht nach mittlerer Sonnenzeit, sondern nach Sternzeit gehen lässt. Zu diesem Zwecke darf man aber nur die Linse des Uhrpendels so weit erhöhen oder dem Aufhängepunkte des Pendels nähern, wodurch der Gang der Uhr beschleunigt wird, bis sie zwischen zwei nächsten Culminationen eines Fixsterns genau 24 Stunden gibt. Hat die Uhr diesen Gang, so wird man dann, zur Zeit der Culmination eines Sterns, dessen Rectascension bekannt ist, die Zeiger der Uhr so stellen, dass sie in diesem Augenblicke die Rectascension des Sterns anzeigen, wodurch dann diese Uhr auch im Laufe des ganzen Jahres die Sternzeit der Culmination dieses und zugleich aller andern Fixsterne durch ihre Rectascensionen unmittelbar anzeigen wird. Man sieht, dass eine so gestellte Uhr die Bequemlichkeit der Beobachtungen sehr erhöht, daher sie auch auf allen thätigen Sternwarten eingeführt worden ist.

Kapitel XI.

Bewegungen der Satelliten.

§. 159. (Umlaufszeit und Entfernung des Mondes.) Nächst der Sonne erregte ohne Zweifel der Mond schon sehr früh die Aufmerksamkeit der ersten Beobachter des Himmels. Er erhellt unsere Nächte, er leitet den Wanderer in fremden Ländern, und den Schiffer auf unbekannten Meeren; ihm verdanken wir einen grossen Theil unserer Zeitrechnung, die tägliche Ebbe und Fluth des Oceans, und vielleicht auch einen wesentlichen Einfluss auf unsere Witterung, und dadurch selbst auf unsere Gesundheit.

Wenige Tage schon reichen hin, zu bemerken, dass er, nebst seinem täglichen Umlaufe um die Erde, den er mit allen Gestirnen des Himmels gemein hat, und der, wie wir wissen, bloss scheinbar ist, auch noch eine ihm eigenthümliche Bewegung hat, mit welcher er täglich unter den Fixsternen nahe dreizehn Grade von West gen Ost fortschreitet. Genaue Beobachtungen dieser seiner Bewegung haben gezeigt, dass die siderische Umlaufszeit des Mondes um die Erde 27.32167 mittlere

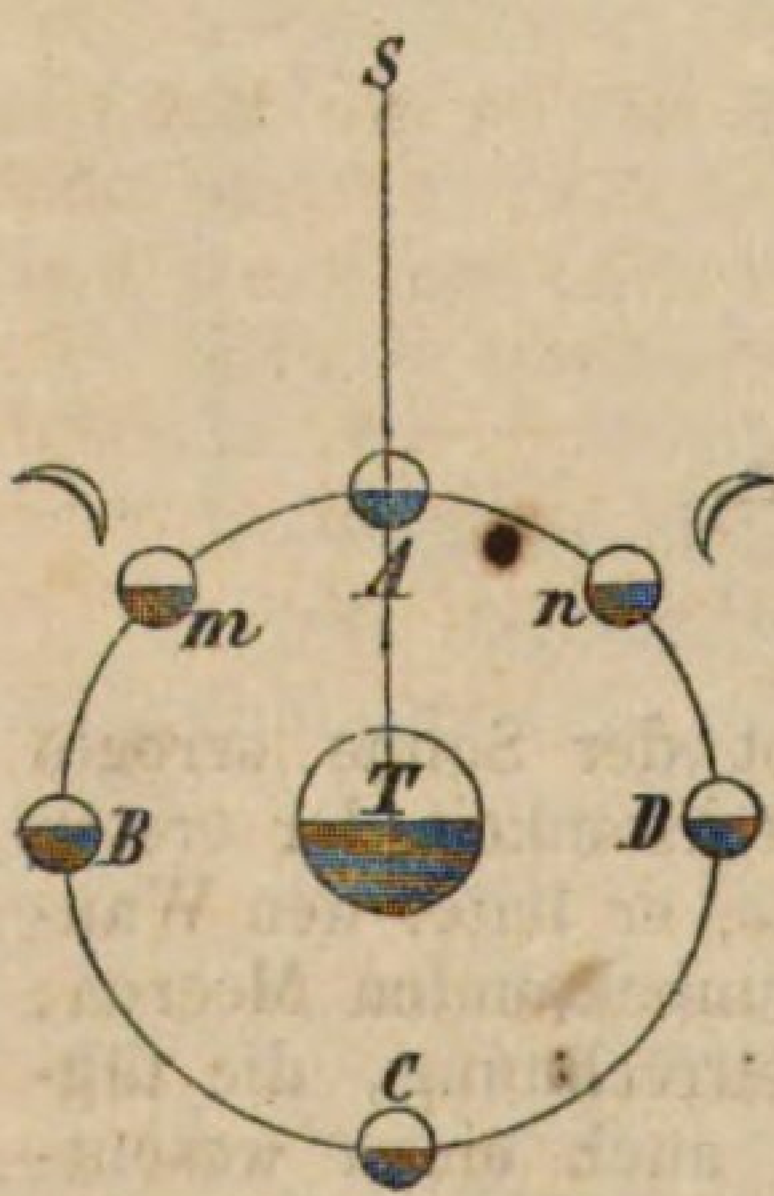
Sonnentage beträgt. Da die Punkte der Nachtgleichen in einem Jahre um 50″.211 rückwärts oder gen West gehen (§. 120), und da die mittlere tropische Bewegung der Sonne in einem Tage gleich 0°.98565 ist (§. 141), so ist die tropische Umlaufszeit des Mondes, in Beziehung auf die Aequinoctien, gleich 27.32159 Tage, und endlich die Zeit zwischen zwei nächsten Conjunctionen mit der mittleren Sonne (§. 137) oder die synodische Revolution des Mondes gleich 29.53059 Tage.

Der Mond vollendet diese seine Bewegung um die Erde in einer Ellipse, deren einen Brennpunkt der Mittelpunkt der Erde einnimmt. Die halbe grosse Axe dieser Ellipse, d. h. die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde beträgt 60.2778 Erdhalbmesser oder 51805 d. Meilen, und die Excentricität derselben beträgt 0.05491 Theile der halben grossen Axe, oder 2834 Meilen. Wenn der Mond in seiner mittleren Entfernung von der Erde ist, so beträgt die Horizontalparallaxe desselben (§. 61) unter dem Aequator der Erde 0°.9506, und dann erscheint der Halbmesser des Mondes im Horizonte unter dem Winkel von 0°.2594, woraus folgt, dass der wahre Halbmesser des Mondes 235 Meilen beträgt. Das Verhältniss des Mondes zur Erde ist daher im Durchmesser wie 1 zu 3.69, in der Oberfläche wie 1 zu 13.60, und im Volum wie 1 zu 50.15.

§. 160. (Phasen des Mondes.) Die auffallendsten Erscheinungen, die uns der Mond darbietet, sind die abwechselnden Lichtgestalten oder die Phasen desselben.

Sei *S* (Fig. 33) die Sonne in einer sehr grossen Entfernung von der Erde *T*, um welche sich der Mond in seiner Bahn *ABCD* bewegt.

Fig. 33.



Wenn der Mond in *A* zwischen Sonne und Erde ist, so ist uns derselbe ganz unsichtbar, und da er für uns an demselben Orte des Himmels steht, wo wir auch die Sonne sehen, so geht er auch mit der Sonne zugleich auf und unter. Man nennt diese Zeit den Neumond. — Wenn wir, dem Vorhergehenden gemäss, den Mond, gleich den übrigen Körpern des Himmels, kugelförmig annehmen, und überdiess voraussetzen, dass er kein eigenes Licht habe, sondern nur mit dem von der Sonne geborgten und auf uns reflectirten Lichte scheine, so wird die Mondeskugel von der Sonne immer nahe zur Hälfte beleuchtet werden, während die andere im Schatten oder dunkel ist. Zur Zeit des Neumonds wird also diese beleuchtete Hälfte, die ihrer Natur nach immer der Sonne zugewendet sein muss, zugleich von der Erde abgewendet sein, oder wir werden nur die dunkle Seite des Mondes, d. h. wir werden ihn gar nicht sehen.

Einige Tage nach dem Neumonde erblickt man den Mond, der anfangs bei der Sonne stand, schon bedeutend links oder östlich von derselben. Da nämlich seine synodische Revolution 29 $\frac{1}{2}$ Tage beträgt, so wird er z. B. in 3 $\frac{3}{4}$ Tagen schon den achten Theil seines Umkreises um die Erde, in Beziehung auf die Sonne, zurückgelegt haben, und in dem Punkte *m* seiner Bahn, oder in seinem ersten Octanten sein. Da

die beleuchtete Seite, wie gesagt, immer der Sonne *S* zugewendet bleibt, so wird er in dieser Stellung der Erde *T* nicht mehr die ganze dunkle Seite zukehren, sondern die Erde wird bereits auf der rechten oder westlichen Seite des Mondes einen, obschon nur kleinen Theil jener beleuchteten Seite sehen, und der Mond wird uns daher hier als eine beleuchtete Sichel erscheinen, deren hohle Seite von der Sonne abgewendet oder links gekehrt ist, oder der beleuchtete Theil wird, wie die Zeichnung bei *m* zeigt, die Gestalt eines umgekehrten *C* haben. Da übrigens jetzt der Mond links von der Sonne steht, so wird er erst nach ihr, oder bei Tage, in den Morgenstunden, aufgehen, und eben so erst nach der Sonne, in den bereits dunklen Abendstunden, untergehen.

In $7\frac{2}{5}$ Tagen nach dem Neumonde ist er in *B*, wo er bereits den vierten Theil seiner synodischen Bahn zurückgelegt hat. In dieser Lage des Mondes, die man die erste Quadratur oder das erste Viertel nennt, ist von der beleuchteten sowohl, als auch von der dunklen Seite des Mondes genau die Hälfte gegen die Erde gekehrt, und die letzte sieht ihn daher als eine halbe, kreisförmige Scheibe. Die frühere Sichel ist seit dem Neumonde immer breiter geworden, indem sich ihre Höhlung allmählich mit Licht ausfüllte, bis endlich hier ihre innere Krümmung zu einer geraden Linie, zu einem Durchmesser des Mondes wird, der übrigens noch immer, so wie jene Krümmung, auf der linken, von der Sonne abgewendeten Seite steht. Da der Mond hier genau um 90 Grade von der Sonne, auf der Ostseite derselben, absteht, so wird er, in seinem ersten Viertel, sechs Stunden nach der Sonne, oder nahe um Mittag auf- und um Mitternacht untergehen, also auch die ersten Stunden der Nacht beleuchten, nach Mitternacht aber unter dem Horizonte oder unsichtbar sein.

Nach weitern $7\frac{2}{5}$ Tagen seit dem ersten Viertel ist der Mond in *C*. Hier ist seine zur Sonne gewendete oder beleuchtete Scheibe auch zugleich ganz der Erde zugewendet, und die Erde sieht ihn daher hier, im Vollmonde, als eine ganze, kreisrunde, beleuchtete Scheibe. Da er jetzt der Sonne gerade gegenüber oder mit ihr in Opposition steht, so wird er aufgehen, wenn die Sonne untergeht, und untergehen, wenn die Sonne aufgeht. Man wird ihn also nun die ganze Nacht durch sehen.

Indem er sich von da noch weiter gegen die linke Seite des Beobachters, von *C* nach *D*, bewegt, wird er ihm auch allmählich einen immer grössern Theil seiner dunklen Hälfte, und zwar jetzt auf der rechten oder von der Sonne wieder abgekehrten Seite des Mondes, zuwenden, und diese Verdunklung wird immer zunehmen, bis sie endlich in *D* die ganze rechte Hälfte desselben einnimmt. Der Mond wird uns nun, in der zweiten Quadratur oder im letzten Viertel, ganz so wie in *B*, zur Zeit des ersten Viertels, erscheinen, nur mit dem Unterschiede, dass die beleuchtete Hälfte hier links steht, da sie dort rechts gewendet war. Da übrigens der Mond hier wieder 90 Grade oder 6 Stunden von der Sonne, aber auf der Westseite derselben, absteht, so wird er auch 6 Stunden vor der Sonne, d. h. um Mitternacht auf- und um Mittag untergehen. Nach dem Vollmonde werden also die ersten Stunden der Nacht ohne Mondschein sein, so wie vor dem Vollmonde diese ersten Stunden beleuchtet waren. Nach dem Neumonde sehen wir daher den

Mond immer länger in den Abendstunden, am westlichen Himmel, nach dem Vollmonde aber sehen wir ihn immer später in den nächtlichen Morgenstunden auf der Ostseite des Himmels.

Indem nun der Mond auch von diesem Punkte *D* seiner Bahn noch weiter gen Ost fortgeht, wird die dunkle Seite am westlichen Rande immer grösser, und die beleuchtete linke Seite desselben nimmt wieder die Gestalt einer immer schmäleren Sichel an, deren innere Höhlung aber jetzt rechts oder westlich gewendet ist, und die Form eines aufrechtstehenden *C* hat. In dem Punkte *n* oder in seinem letzten Octanten hat er die Gestalt der beigezeichneten Figur. Je mehr sich der Mond auf der Westseite der Sonne derselben nähert, desto mehr nimmt die Breite dieser lichten Sichel ab, bis sie, wenn er der Sonne sehr nahe kommt, nur mehr als ein feiner Silberfaden erscheint, und endlich, wenn der Mond wieder bei der Sonne in *A* ist, ganz verschwindet. Der Mond ist nun wieder im Neumonde, oder unsichtbar, und beginnt eine zweite Periode seiner Lichtgestalten (Lunation), die er in derselben Ordnung, wie die vorhergehende, durchläuft.

Es wird nicht nothwendig sein, zu bemerken, dass diese Phasen des Mondes und die gegebene, den Beobachtungen vollkommen genügende Erklärung derselben, zugleich der beste Beweis für die oben aufgestellte Voraussetzung ist, dass der Mond die Gestalt einer Kugel haben und dass er sein Licht hauptsächlich von der Sonne erhalten müsse. Da wir dieselben Phasen auch bei Merkur und Venus bemerken, so wird derselbe Schluss auch auf diese Himmelskörper anwendbar sein. Selbst bei Mars sieht man noch ähnliche, obschon viel geringere Veränderungen der Gestalt, indem er, nach seinen verschiedenen Stellungen gegen die Sonne, an der östlichen oder westlichen Seite stark verdunkelt oder gleichsam abgeplattet erscheint. Die übrigen Planeten aber sind alle zu weit von uns entfernt, daher sie immer dieselbe Seite, welche sie zur Sonne wenden, auch beinahe ganz der Erde zukehren, und wir also auch an ihnen keine Lichtphasen mehr bemerken.

§. 161. (Aehnliche Erscheinungen der Erde für den Mond.) Da aber die Erde ebenfalls eine dunkle Kugel ist, welche ihr Licht von der Sonne erhält, so muss die Erde den Bewohnern des Mondes, wenn es solche gibt, ähnliche Lichtveränderungen zeigen, ja diese müssen dort noch viel auffallender erscheinen, da die Oberfläche der Erde über dreizehnmal grösser ist, als die des Mondes.

Wenn nämlich der Mond zur Zeit des Neumondes in *A* und uns unsichtbar ist, so erscheint ihm im Gegentheile die Erde *T* in ihrem ganzen Lichte als eine vollbeleuchtete Scheibe, weil hier die von der Sonne beschienene Hälfte der Erde zugleich ganz dem Monde zugekehrt ist. Die Mondsbewohner auf dem der Erde zugewendeten Theile des Mondes sehen also die Erde ganz beleuchtet. Im Vollmonde aber, wenn der Mond in *C* ist, wendet die Erde ihre dunkle Seite dem Monde zu, und die Bewohner des Mondes, die der Erde zunächst stehen, sehen die Erde, weil sie für sie nicht beleuchtet ist, eben so wenig wie die von der Erde abgewendeten Bewohner des Mondes. Die Mondesbewohner sehen also die Erde im Volllichte, wenn wir Neumond haben, und im Neulichte, wenn wir Vollmond haben, und eben so sehen sie die Erde im ersten oder letzten Viertel, wenn wir den Mond im letzten oder ersten Viertel sehen. Ist nämlich der Mond zur Zeit seines ersten Viertels in

B, so sehen seine Bewohner von der Erde eben so die linke oder östliche Hälfte beleuchtet, wie wir den Mond zur Zeit des letzten Viertels sehen, und umgekehrt.

§. 162. (**Aschgraues Licht des Mondes.**) Kurz vor und nach dem Neumonde, wo der Mond, wie oben gesagt, nur als eine feine Sichel erscheint, sieht man mit guten Augen, und noch besser durch Fernröhre, auch den übrigen, dunkeln Theil des Mondes in einem schwachen Lichte schimmern, das immer schwächer wird, je näher der Mond an seine Quadraturen kommt. Man nennt dieses Licht von seiner Farbe das aschgraue Licht *(lumière cendrée)* des Mondes. Man hat die Ursache desselben lange gesucht, bis sie Leonardo da Vinci und später Mästlin, der Lehrer Kepler's, entdeckten. Zur Zeit des Neumondes nämlich, wenn die uns zugekehrte Seite des Mondes in *A* ganz im Schatten seiner Nacht liegt, und daher für uns unsichtbar sein sollte, zu dieser Zeit ist zugleich die von der Sonne beleuchtete Hälfte der Erde völlig gegen jene dunkle Seite des Mondes gekehrt, und da, wie bereits erwähnt, die Erde den Mond an Oberfläche nahe dreizehnmal übertrifft, so wirft diese grosse und durchaus beleuchtete Scheibe der Erde eine so bedeutende Masse Lichts auf die dunkle Seite des Mondes, dass uns die letzte dadurch wieder sichtbar wird. Dieses den Mond beleuchtende Erdenlicht erhalten wir demnach von ihm, wie man zu sagen pflegt, aus der dritten Hand, da es, ursprünglich aus der Sonne kommend, die Erde trifft, von dieser auf den Mond reflectirt und endlich von dem Monde wieder auf die Erde zurückgeworfen wird.

§. 163. (**Tägliche Bewegung oder Rotation des Mondes.**) Die oben (§. 159) angegebenen Revolutionen des Mondes um die Erde, welche wir auch Mondesmonate heissen, könnte man, analog mit der Bewegung der Erde, auch die jährliche Bewegung des Mondes nennen. Ausser ihr bemerkt man aber auch an dem Monde eine Rotation um seine eigene Axe, die man dann, wie dort bei der Erde, die tägliche Bewegung des Mondes heissen könnte.

Bei der Erde ist die jährliche Bewegung von der täglichen sehr verschieden, da jene nahe 365mal länger dauert, als diese. Nicht so ist es bei dem Monde, wo beide Bewegungen, die jährliche um die Erde, und die tägliche um sich selbst, beinahe vollkommen gleich sind.

Wenn man nämlich die, bekanntlich mit mehreren Flecken bedeckte Oberfläche des Mondes etwas genauer betrachtet, so findet man, dass diese immer dieselbe Stelle der Mondesscheibe einnehmen, und dass z. B. diejenigen Flecken, welche man in dem Mittelpunkte dieser Scheibe, oder an dem östlichen Rande desselben sieht, diesen Mittelpunkt oder diesen Rand nie verlassen, mit anderen Worten, dass uns der Mond immer dieselbe Seite zuwendet. In der That hat auch noch kein Menschenauge die andere Seite des Mondes gesehen, die von der Erde abgewendet ist, und ewig von ihr abgewendet bleiben wird, gleichsam als wenn die feste Masse des Mondes durch eine Stange, die durch den Mittelpunkt der Erde und des Mondes geht, mit uns unveränderlich verbunden wäre, und an dieser Stange in jedem Monate um uns herum geführt würde.

Diese Sonderbarkeit in der Bewegung des Mondes, die wir auch bei den Monden aller übrigen Planeten wieder finden werden, hat zu einem langen und heftigen Streite unter den Gelehrten Anlass gegeben.

Newton war es, der jene Erscheinung zuerst durch folgende Worte ausdrückte: »Der Mond zeigt uns immer dieselbe Seite, also dreht er sich um seine Axe.« Andere Astronomen wollten aber daraus gerade das Gegentheil schliessen, dass er sich nämlich nicht um seine Axe drehe, eben weil er uns immer dieselbe Seite zuwendet.

Ohne uns hier bei der Geschichte dieser Discussionen länger aufzuhalten, wollen wir nur bemerken, dass die Sache in letzter Instanz sich mit einem Wortstreite endet, und dass man, je nachdem man das Wort Drehen in einem oder dem andern Sinne nimmt, eben so gut sagen kann, der Mond drehe sich, als er drehe sich nicht. Etwa so, wie man von dem Tische, auf dem man schreibt, ganz mit demselben Rechte sagen kann, er habe eine, und er habe keine Bewegung. Er hat keine, weil er seinen Ort gegen die nächsten Umgebungen, gegen die Wände des Zimmers, nicht ändert; und er hat eine, weil er auf der Erde ist, die, wie Jeder weiss, sich um die Sonne und überdiess noch um sich selbst bewegt, und mit der sich daher auch der Tisch bewegen muss.

Das Missverständniss bei dem Monde kam daher, dass wir denselben von der Erde, aus dem eigentlichen Mittelpunkte seiner Bewegung, betrachten. Denken wir uns aber ein Auge ausser der Mondesbahn, z. B. in der Sonne *S* (Fig. 33), so wird dasselbe zur Zeit unseres Neumondes in *A* die uns immer verborgene Seite, zur Zeit des Vollmondes in *C* aber, zugleich mit uns, die uns immer sichtbare Seite des Mondes sehen, und für einen solchen Beobachter würde es daher keinem weiteren Zweifel unterliegen, dass der Mond sich in der That, und zwar in derselben Zeit um seine Axe dreht, in welcher er um die Erde geht, oder dass die Rotation desselben seiner Revolution, sein Jahr seinem Tage gleich ist.

§. 164. (Jahreszeiten des Mondes.) Die Jahreszeiten der Erde hängen, wie wir im siebenten Kapitel gesehen haben, von dem Winkel, welchen der Aequator der Erde mit der Ebene ihrer Bahn um die Sonne macht, oder von der Schiefe der Ekliptik ab. Je kleiner dieser Winkel ist, desto weniger sind die Jahreszeiten von einander verschieden, und wenn diese beiden Ebenen ganz zusammenfielen, so würde ein immerwährender Frühling auf der ganzen Erde herrschen.

Nun ist die Bahn des Mondes, die er um die Erde beschreibt, gegen den Aequator dieses Satelliten nur um den kleinen Winkel von 6.6 Graden geneigt. Zwischen beiden liegt die Ebene der Erdbahn oder der Ekliptik, so dass sie mit der Mondesbahn einen Winkel von $5^0.1$ bildet. Da aber die Durchschnittslinie der Mondesbahn mit der Ekliptik, oder die Knotenlinie derselben, sehr veränderlich ist, und in 19 Jahren ihren ganzen Umkreis um die Erde vollendet, so wird dieselbe Hälfte der Bahn $9\frac{1}{2}$ Jahre über, und $9\frac{1}{2}$ Jahre unter der Ekliptik liegen, so dass man im Allgemeinen sagen kann, dass die Mondesbahn mit der Ekliptik ganz zusammenfalle, und daher mit dem Mondesäquator nur den sehr kleinen Winkel von $1^0.5$ bilde. Aus dieser Ursache gibt es auf dem Monde beinahe gar keinen Unterschied der Jahreszeiten, und die Temperatur, so wie die Länge der Tage und Nächte ist auf diesem Himmelskörper beinahe immer dieselbe.

§. 165. (Tageszeiten des Mondes.) Wenn wir, dem gewöhnlichen Sprachgebrauche gemäss, durch das Wort Tag die Zeit zwischen zwei nächsten

Aufgängen der Sonne bezeichnen, so sind die Tage auf dem Monde unvergleichbar länger, als die auf der Erde. Der Mondestag ist nämlich die Zeit von einem Neumonde zum andern, oder 29½ unserer Tage gleich. Für die Bewohner des Mondes steht also die Sonne durch 14¾ unserer Tage über, und eben so lange unter dem Horizonte, oder ihr Tag, im engeren Sinne des Wortes, dauert 14¾mal unserer 24 Stunden, und eben so lange ist auch, nach §. 164, ihre Nacht. Jene vier vorzüglichsten Phasen der Erde, von denen wir §. 161 gesprochen haben, werden den Bewohnern des Mondes gleichsam zu einer Himmelsuhr dienen, an welcher sie ihre langen Tage abmessen können, da ihnen die Erde im letzten Viertel, im Neulichte, im ersten Viertel und im Volllichte erscheinen wird, wenn sie in derselben Ordnung Morgen, Mittag, Abend und Mitternacht haben. Allein diese Uhr ist nur für diejenigen Bewohner des Mondes da, welche die vordere oder uns zugekehrte Seite desselben einnehmen. Die andere Hälfte sieht unsere Erde eben so wenig, als sie selbst von uns gesehen werden kann, und die Bewohner jener Hälfte kennen die Existenz dieses grossen und schönen Gestirns vielleicht nur aus den Erzählungen ihrer Nachbarn.

§. 166. (Messung der Entfernung des Mondes und der Sonne.) Um die Distanz des Mondes von der Erde zu messen, kann man die oben (§. 63) bei Gelegenheit der Parallaxe erwähnten Methoden anwenden. Allein seine in §. 160 erklärten Phasen geben uns zugleich ein sehr einfaches Mittel, die Distanz der Sonne zu finden, ein Mittel, das selbst den Alten schon bekannt war. Zur Zeit seines ersten oder letzten Viertels sieht man nämlich, wie oben gesagt wurde, genau die Hälfte der Mondscheibe beleuchtet. Man erkennt diesen Augenblick daran, dass die Lichtgrenze, welche den dunkeln Theil des Mondes von dem hellen trennt, und die sonst immer eine krumme Linie ist, jetzt zu einer geraden, zu einem Durchmesser des Mondes wird. In diesem Momente ist die Linie, welche die Mittelpunkte der Erde und des Mondes verbindet, senkrecht auf die den Mond mit der Sonne verbindende Linie. In dem Dreiecke *STB* oder *STD* (Fig. 33) also, welches die drei Himmelskörper in dieser Stellung verbindet, und in welchem man sich der Natur gemäss *ST* etwa 40mal so lang als *TB* oder *TD* zu denken hat, ist der Winkel an dem Monde gleich 90 Graden, der Winkel an der Erde aber wird durch unmittelbare Beobachtung der scheinbaren Distanz der Sonne von dem Monde gegeben. Man kann daher in diesem Dreiecke das Verhältniss der wahren Distanz der Sonne und des Mondes von der Erde bestimmen, und da man die Distanz des Mondes schon aus andern Beobachtungen kennt, so wird man dadurch auch die Distanz der Sonne von der Erde erhalten. Es ist allerdings sehr schwer, den Augenblick genau aufzufassen, in welchem jene Lichtgrenze eine gerade Linie wird, und von dieser Bestimmung hängt doch die Sicherheit des Verfahrens ab. Demungeachtet verdankt man dieser einfachen Methode die ersten Kenntnisse, die wir von der ungemeinen Grösse und Entfernung der Sonne erhalten haben.

§. 167. (Bewegung der Knoten und der Apsiden der Mondesbahn.) Wir haben bereits oben gesagt, dass die Durchschnittslinie der Mondesbahn mit der Ekliptik oder die sogenannte Knotenlinie der Mondesbahn ihren Ort am Himmel sehr schnell ändert. Nach den neuesten Bestimmungen nimmt die Länge des Mondknotens, in Beziehung auf die Aequinoctien in einem

julianischen Jahre (von 365.25 Tagen) um 19⁰.341499 ab, oder diese Knoten gehen in jedem Jahre um diesen Winkel rückwärts in der Ekliptik. Daraus folgt die tropische Revolution der Knoten gleich 6798.33553 Tagen, und die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf diese Knoten gleich 27.21222 Tagen, oder in dieser Zeit vollendet der Mond zwei nächste Durchgänge durch denselben Knoten. Man nennt diese Zeit den Drachenmonat.

Einer ähnlichen Bewegung sind auch die Apsiden (§. 134) der Mondsbahn unterworfen. Diese gehen nämlich in einem julianischen Jahre um 40⁰.690507 gegen die Nachtgleichen vorwärts, woraus wieder folgt, dass die tropische Revolution der Apsiden 3231.46623 Tage, und dass endlich die Revolution des Mondes selbst in Bezug auf diese Apsiden d. h. der anomalistische Monat 27.55460 Tage beträgt.

§. 168. (Säculäre Aenderung der mittleren Bewegung des Mondes.) Der Theorie und den Beobachtungen zu Folge ist die siderische Revolution aller Planeten (§. 137) eine unveränderliche Grösse, da sie in den ältesten Zeiten ganz eben so gross, wie in den neuesten, gefunden wurde (§. 122). Weil aber diese Revolutionen unmittelbar durch das dritte Gesetz Kepler's (§. 143) von den grossen Axen der Planetenbahnen abhängen, so muss man also auch diese Axen als constante und für alle Zeiten unveränderliche Grössen betrachten. Es ist sehr merkwürdig, dass diese Grössen am Himmel die einzigen, die keiner Veränderung unterworfen sind, während alles andere in immerwährender Bewegung ist, und während selbst die Grenzpunkte und Normalebenen, auf die wir alles beziehen, der Frühlingspunkt, der Aequator, die Ekliptik u. s. w. ihren Stand am Himmel beständig wechseln. Wir werden weiter unten auf diesen sehr interessanten Gegenstand wieder zurückkommen, und bemerken hier nur, dass der Mond von jenem allgemeinen Gesetze eine Ausnahme zu machen scheint. — Wenn man die ältesten Beobachtungen desselben mit den neueren vergleicht, so findet man, dass die siderische Revolution desselben immer kleiner, dass also die mittlere Bewegung desselben (§. 137) immer schneller wird. Eine unmittelbare Folge dieser sonderbaren Erscheinung, verbunden mit dem dritten Gesetze Kepler's, würde die immerwährende Verkleinerung der grossen Axe der Mondesbahn, also eine stätige Annäherung des Mondes zur Erde, und endlich, in der Folge der Zeiten, ein Zusammentreffen dieser beiden Gestirne sein.

Den Astronomen war die Ursache dieses Phänomens, welches gleichsam von der Natur eine Ausnahme macht, und für uns mit der Zeit von den wichtigsten Folgen sein müsste, lange verborgen. Endlich fanden sie, nicht ohne grosse Mühe, dass diese Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes, und eine ihr analoge Verzögerung der mittleren Bewegung des Knotens und der Apsiden der Mondesbahn, ihren Grund in der Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn habe. Nach der Theorie hatte diese Excentricität der Erdbahn in dem Jahre 11400 vor unserer Zeitrechnung den grössten Werth von 0.01965, und sie nimmt seit jener Epoche durch 36900 Jahre immer ab, bis sie in dem Jahre 25500 nach Chr. G. ihren kleinsten Werth 0.0039 erreichen, und dann wieder allmählich zunehmen wird (vergl. §. 147). In dieselbe grosse Periode von 36900 Jahren sind also auch jene drei Veränderungen des Mondes und seiner Bahn eingeschlossen. Man darf daher nicht

besorgen, dass der Mond in der Folge der Zeiten auf die Erde stürzen und sich mit ihr vereinigen werde. Zwar nähert er sich ihr schon seit langer Zeit, und wird sich ihr noch ferner nähern, aber nur bis zu einer bestimmten Grenze, von welcher an er wieder von der Erde sich allmählich entfernt.

§. 169. (Beleuchtung der Erde ist nicht der Zweck des Mondes.) Man glaubt gewöhnlich, dass der Mond nur der Erde, und zwar der Beleuchtung ihrer Nächte wegen da sei. Hätte die Natur diese Absicht in der That gehabt, so würde sie dieselbe sehr leicht erreicht haben, wenn der Mond im Augenblicke seiner Entstehung im Vollmonde oder der Sonne gegenüber, und zwar in einer Entfernung von der Erde gestanden wäre, die nahe den hundertsten Theil der Entfernung der Erde von der Sonne betragen hätte, und wenn damals die Geschwindigkeit des Mondes ebenfalls der hundertste Theil der Geschwindigkeit der Sonne gewesen wäre. Denn dann würde der Mond der Sonne immer gerade gegenüber gestanden oder immer im Vollmonde geblieben sein, und selbst die Finsternisse, die uns jetzt zuweilen seinen Anblick rauben, würden in dieser Entfernung nicht mehr in dieser Weise gewirkt haben. Da jedoch die Natur dieses einfache Mittel, welches allein zu jenem Zwecke führt, nicht gewählt hat, und der Mond kaum die Hälfte unserer Nächte erleuchtet, so müssen wir voraussetzen, dass sie auch diesen Zweck nicht erreichen wollte, und dass es daher ihre Absicht nicht gewesen sein kann, den Mond bloss für uns hinzustellen, oder ihn zum Fackelträger der Erde zu machen. Uebrigens hätte, damit der Mond in jener beinahe viermal grösseren Distanz eben so viel Licht als jetzt auf die Erde werfen könnte, seine Oberfläche eben so vielmal vergrössert werden müssen.

§. 170. (Sonstige Einflüsse des Mondes auf die Erde.) Von einer wenigstens für gewisse Gegenden der Erde sehr wichtigen Einwirkung, die der Mond im Vereine mit der Sonne auf unseren Wohnort ausübt, von Ebbe und Fluth, werden wir weiter unten sprechen. Was die übrigen Einflüsse des Mondes, über die man von jeher viel gefabelt, betrifft, so sind dieselben grossentheils noch unbewiesen, jedenfalls so unbedeutend, dass sie im gemeinen Leben so gut wie keine Beachtung verdienen. So geben die Untersuchungen von Schübler, Mädler, Eisenlohr u. a. eine leise Andeutung von Einflüssen des Mondes auf unsere Witterung je nach seinen Phasen und Entfernungen von der Erde. Herschel d. j. spricht sich nach seinen Erfahrungen für die ziemlich verbreitete Ansicht aus, dass der Vollmond eine gewisse Wolken zertheilende Kraft habe, was eine Wärmestrahlung des Mondes vermuthen liesse, die nach Melloni sich sonst auch bei bedeutender Ansammlung von Mondlicht durch Hohlspiegel oder Linsen mit den empfindlichsten thermometrischen Apparaten kundgibt. Aber alle diese und ähnliche Einflüsse sind, wie gesagt, so gering, dass sie, wenn sie ja bestehen, in den viel mächtigeren örtlichen und kosmischen Ursachen, die unsere terrestrischen Verhältnisse bestimmen, so zu sagen aufgehen.

§. 171. (Verwickelte Bewegungen des Mondes.) Wenn man die oben (§. 138) erklärten elliptischen Bewegungen der Planeten auf die Beobachtungen des Mondes anwendet, so sieht man bald, dass sie allein nicht hinreichen, den Ort dieses Satelliten am Himmel für jede Zeit zu bestimmen. Man bemerkt nämlich, dass die Bewegung des Mondes sehr unregel-

mässig, und grossen Ungleichheiten unterworfen ist, die sich aber beinahe alle auf den Stand desselben gegen die Sonne beziehen.

Die grösste dieser Ungleichheiten, und zugleich die erste, die man in den Beobachtungen des Mondes erkannt hat, ist die sogenannte Evection. Sie ist gleich dem Winkel 1°.342 multiplicirt in den Sinus der doppelten Winkeldistanz des Mondes von der Sonne weniger der Winkeldistanz des Mondes von seinem Perigeum. Zur Zeit der Syzygien vermischt sich die Evection mit der Gleichung der Bahn (§. 138) daher die alten Griechen, welche den Mond nur in seinen Syzygien, wo allein die Finsternisse sich ereignen, beobachteten, diese Gleichung der Bahn des Mondes um die ganze Evection zu klein gefunden haben.

Eine andere Ungleichheit ist die Variation, die gleich 0°.595 multiplicirt in den Sinus der doppelten Winkeldistanz des Mondes von der Sonne. Diese Ungleichheit verschwindet daher in den Syzygien sowohl, als auch in den beiden Quadraturen, und sie hat ihren grössten Werth zwischen den Syzygien und Quadraturen oder in den sogenannten Octanten des Mondes.

Die jährliche Gleichung endlich ist gleich 0°.187 multiplicirt in den Sinus der mittleren Anomalie (§. 137) der Sonne, und durch sie wird die Bewegung des Mondes beschleuniget, wenn die der Sonne, zur Zeit unseres Sommers, verzögert wird und umgekehrt.

Ausser den erwähnten drei Ungleichheiten gibt es aber noch eine grosse Anzahl kleinerer, welchen die Bewegung des Mondes unterworfen ist, und die alle ihren Grund in den Störungen haben, welche die Sonne auf den um die Erde sich bewegenden Mond ausübt. Ihre Entdeckung und die Bestimmung ihrer wahren Grösse ist das Resultat der Vervollkommnung, zu welcher die mathematische Analyse und die Beobachtungskunst in den neueren Zeiten gebracht worden sind.

§. 172. (Mondesfinsternisse.) Da die Erde eine an sich dunkle Kugel ist, welche ihr Licht nur von der Sonne erhält, so wird sie, wenn sie von der Sonne beschienen wird, einen Schatten hinter sich werfen. Dieser Schatten hat die Gestalt eines Kegels, dessen Basis gleich dem Umfang der Erde und dessen Länge nahe 3½mal grösser als die Entfernung des Mondes von der Erde ist, also 216 Erdhalbmesser oder 186000 Meilen beträgt. Die ganze Breite dieses Kegels in dem Orte, wo er von der Mondesbahn geschnitten wird, beträgt nahe 2⅔ Durchmesser des Mondes oder 1240 deutsche Meilen.

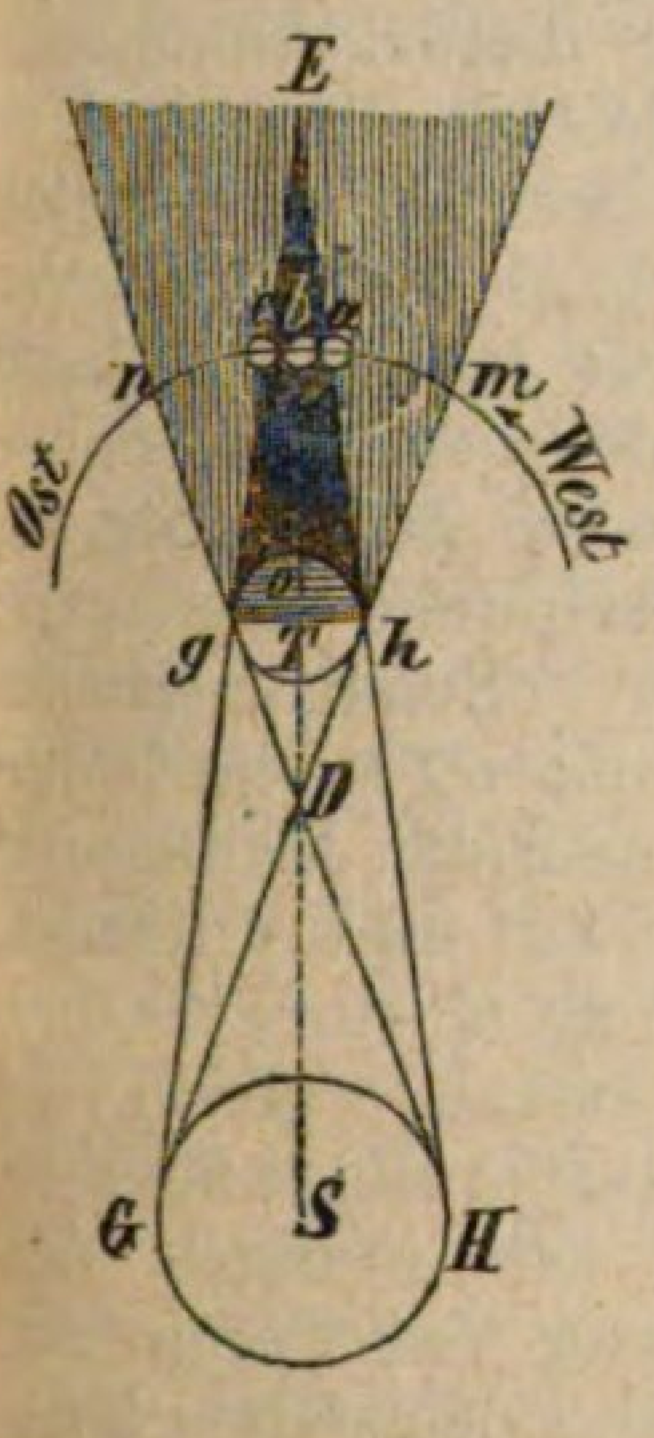
Wenn also die Bahn des Mondes mit der Ekliptik zusammenfiele, so müsste der Mond jedesmal zur Zeit seines vollen Lichtes, wo er der Sonne gerade gegenüber steht (§. 160), in den Schattenkegel der Erde treten und uns daher jeden Monat das Schauspiel einer Mondesfinsterniss geben. Da aber jene beiden Ebenen, nach §. 164, den Winkel von 5° mit einander bilden, so geht der Mond meistens über oder unter diesem Schattenkegel weg ohne ihn zu berühren. Er kann daher nur dann verfinstert werden, wenn er zur Zeit des Vollmondes zugleich nahe bei seinem Knoten ist, und diess ist im Mittel 29mal in 18 Jahren der Fall. Wenn sich die ganze Scheibe des Mondes in den Schatten der Erde senkt, so heisst die Finsterniss total, und im Gegentheile partial, wenn nur ein Theil derselben verfinstert wird. Man gibt die Grösse der Verfinsterung gewöhnlich in »Zollen« an, deren zwölf auf den Durchmesser des Mondes gehen. Die grössten Mondesfinsternisse können

bis 22 Zolle betragen. Die längste Dauer einer partialen Finsterniss kann nicht über 2 St. 18 M., und die einer totalen nicht über 4 St. 38 M. umfassen. Die nächsten, bei uns sichtbaren bedeutenderen Mondsfinsternisse werden statthaben:

1865 am 11. April und 4. Oktober.
1866 „ 31. März.
1867 „ 14. September.
1869 „ 28. Januar.
1870 „ 17. Januar und 12. Juli.

Sei *S* (Fig. 34) der Mittelpunkt der Sonne, *T* der Erde und *a,b,c* des Mondes in seiner Bahn *mn*. Zieht man die Tangenten *HhE* und *GgE* an denselben Seiten der Sonne und Erde, so stellt *gEh* den vollen oder den Kernschatten der Erde vor. Zieht man aber die Tangenten *Hgn* und *Ghm* an entgegengesetzten Seiten der Sonne und Erde, so begrenzen diese Tangenten den Halbschatten *ghmn* der Erde. Wenn der Mond auf seinem Wege um die Erde in dem Punkte *m* ankommt und von da weiter gegen *a* fortschreitet, so verliert er immer mehr von dem Anblicke der Sonne und zwar auf der östlichen Seite *G* derselben, bis er, wenn er bei *a* in den vollen Schatten eintritt, die Sonne gar nicht mehr sieht oder völlig verfinstert wird. Diese Verfinsterung dauert so lange, bis er bei *c* wieder aus der Ostseite des vollen Schattens tritt. Indem er dann von *c* gegen *n* fortgeht, sieht er immer mehr von der Ostseite *G* der Sonne, bis er sie endlich in *n* wieder ganz erleuchtet erblickt. Die eigentliche Finsterniss hat statt, während der Mond in dem Theile *abc* seiner Bahn, oder während er in dem vollen Schatten der Erde sich aufhält und dadurch seines von der Sonne geborgten Lichtes in der That völlig beraubt wird. So lange er aber nur in dem Halbschatten *ma* oder *cn* verweilt, wird er immer noch von der Sonne obschon desto schwächer beleuchtet, je näher er den Punkten *a* oder *c* ist. Man sieht ihn da, z. B. vor der eigentlichen Verfinsterung in *ma*, auf seiner Ostseite gleichsam mit einer Nebel- oder Rauchwolke überzogen, deren Ende sehr unbestimmt und verwaschen, daher kein Gegenstand der Beobachtung ist. Ja selbst, wenn endlich sein östlicher Rand in die Westseite des vollen Schattens bei *a* eintritt, oder wenn die eigentliche Finsterniss anfängt, lässt sich der Augenblick dieses Anfangs und eben so des Endes nicht mit Schärfe angeben, weil der Halbschatten mit seiner Annäherung zu dem vollen Schatten immer dichter wird, und daher die eigentliche Grenze zwischen beiden Schatten nicht scharf gesondert ist.

Fig. 34.

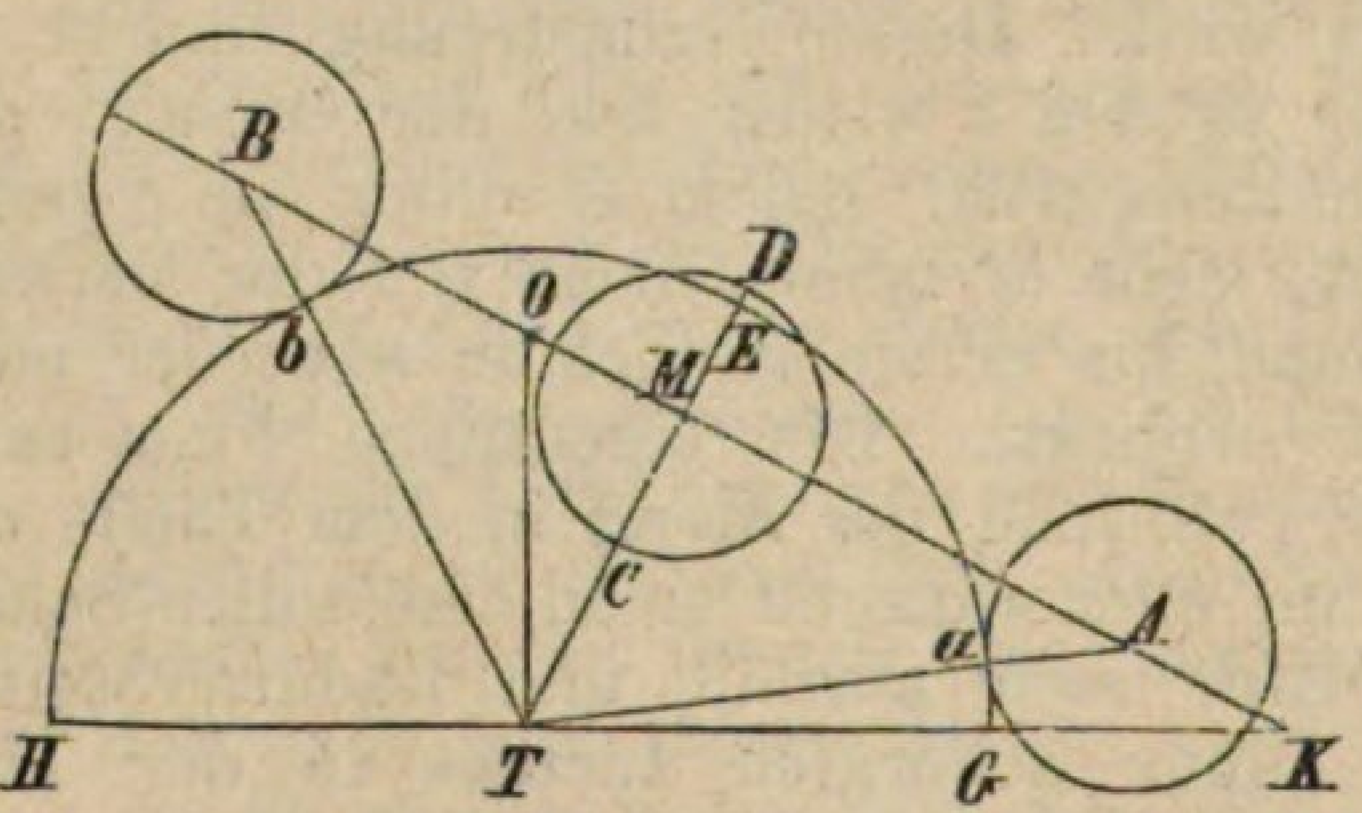


Da der Durchmesser *ac* des Schattenschnitts, wie bereits gesagt, nahe $2^{2}/_{3}$ Durchmesser des Mondes beträgt, so wird der Mond, wenn er nahe durch die Mitte dieses Schattens geht, ganz von demselben umgeben, oder die Finsterniss wird total sein. Wenn er aber nur

durch den nördlichen oder südlichen Theil des Schattens geht, so wird die Finsterniss auch nur partial sein, oder es wird nur, dort der südliche und hier der nördliche Rand des Mondes verfinstert werden. Wenn zur Zeit des Vollmondes, wo allein die Mondesfinsternisse vorfallen können, die Breite des Mondes kleiner als 30 Minuten ist, so hat eine totale Finsterniss statt. Ist sie zwischen 30 und 64 Minuten, so wird die Finsterniss bloss partial sein. Ist endlich die Breite des Mondes grösser als 64 Minuten, so geht der Mond ganz über oder ganz unter dem Schattenkegel vorbei, und es hat gar keine Finsterniss statt.

Um den Lesern einen Begriff von der Art zu geben, wie man eine Mondsfinsterniss berechnet, wollen wir zuerst bemerken, dass man für jeden gegebenen Vollmond aus den astronomischen Kalendern, von der Sonne sowohl als auch von dem Monde die Länge, Breite, Halbmesser und Parallaxe nebst den stündlichen Veränderungen dieser Grössen leicht finden kann. Nehmen wir an, die Differenz dieser stündlichen Bewegung des Mondes und der Sonne in Länge betrage $0^{0}.4$ und in Breite $0^{0}.3$. Sieht man diese zwei Grössen als die zwei kleinern Seiten eines rechtwinkeligen Dreiecks an, so findet man, dass die dritte oder grösste Seite dieses Dreiecks $0^{0}.5$ beträgt, und diese letzte Zahl kann man als die stündliche relative Bewegung des Mondes gegen die Sonne oder gegen den Schattenkegel der Erde ansehen. Es sei nun *T* (Fig. 35) der Mittelpunkt des kreisförmigen Schattenschnitts *GEH*, und *GTH* die Ekliptik, wo man den Halbmesser *TG* oder *TE* dieses Kreises, auf irgend einem geradlinigen Massstab, gleich der Horizontalparallaxe des Mondes (§. 64) weniger dem Halbmesser der Sonne aufträgt. Mit demselben Massstabe trage man auf *GH* die Senkrechte *TO* gleich der Breite des Mondes zur Zeit des Vollmondes auf und zeichne in dem Punkte *O* den Winkel *TOK* gleich $53^{0}8'$ (nämlich Tang. $TOK = \frac{0.4}{0.3}$),

Fig. 35.



so wird diese Linie *KMB* die scheinbare Bahn des Mittelpunktes des Mondes ausdrücken. Zieht man dann aus demselben Punkte *T* auf diese Bahn die Senkrechte *TM*, so kennt man in dem bei *M* rechtwinkeligen Dreiecke *TOM* die Seite *TO* und den Winkel bei *O*, also kann man auch (§. 62) die Seiten *TM* und *OM* finden, und *OM*, durch die obige stündliche Bewegung $0^{0}.5$ dividirt, wird die Zeit geben, in welcher der Mond diesen Theil *OM* seiner Bahn durchläuft, und der Endpunkt *M* dieses Theiles ist offenbar der Ort des Mittelpunkts des Mondes zur Zeit der Mitte der Finsterniss, da er hier unter allen Punkten der Bahn *KB* dem Mittelpunkte *T* des Schattens am nächsten ist, da also auch hier die Verfinsterung des Mondes am grössten sein muss. Weil aber die Zeit, wo der Mond in *O* steht, bereits bekannt ist (denn diess

ist eben die Zeit des Vollmondes), so wird man nur dazu die jetzt ebenfalls bekannte Zeit setzen, in welcher der Mond den Bogen *OM* zurücklegt und sofort auch die Zeit der Mitte der Finsterniss erhalten.

Um nun auch den Anfang oder das Ende der Finsterniss zu finden, wollen wir bemerken, dass der Mittelpunkt des Mondes zu Anfang der Finsterniss in *A* und zu Ende derselben in *B* ist, so dass, für diese beiden Lagen, der Rand des Mondes den Rand des Schattenschnitts eben berührt, dass also auch die Linie *TA* oder *TB* gleich der bekannten Summe der Halbmesser des Schattens und des Mondes ist. Demnach kennen wir wieder in dem bei *M* rechtwinkeligen Dreiecke *TMA* die Seite *TA*, und, aus dem Vorhergehenden, die Seite *TM*, also kann man auch daraus (§. 62) die Seite *MA* finden, die gleich *MB* ist. Verwandelt man dann diese Seite in Mondeszeit (durch die Division von $0^{\circ}.5$ in unserem Beispiele) und addirt oder subtrahirt man endlich diese Zeit von der bereits bekannten Zeit der Mitte der Finsterniss, so erhält man die gesuchte Zeit des Anfangs und des Endes derselben.

Will man noch die Grösse *CE* der Verfinsterung des Mondes wissen, so ist diese offenbar gleich *TE* weniger *TC*, d. h. gleich der Summe der Halbmesser des Schattens und des Mondes, weniger der schon vorhin gefundenen Grösse *TM*. Man sieht, dass es im Grunde sehr leicht ist, eine Mondsfinsterniss zu berechnen, da man dazu bloss die ersten Elemente der ebenen Trigonometrie (§. 62. *I.*) zu kennen braucht, und dass daher die mit diesen Gegenständen Unbekannten mit Unrecht einen so grossen Werth auf diese Rechnungen legen, als wären sie das Schwerste und Höchste, das ein Astronom zu leisten im Stande ist.

Noch wird es interessant sein, zu erfahren, an welchen Orten der Erde eine auf diese Weise berechnete Mondsfinsterniss sichtbar ist. Offenbar wird aber die Finsterniss allen denjenigen Bewohnern der Erde sichtbar sein, die überhaupt den Mond selbst zur Zeit der Finsterniss sehen können, was, wie wir bald erfahren werden, bei den Sonnenfinsternissen keineswegs statthat. Wenn der Mond, zur Zeit der Mitte der Finsterniss, in dem Punkte *b* (Fig. 34) ist, so sieht ihn der Zuschauer auf der Erde in *h* Abends bei Sonnenuntergang, der Zuschauer in *o* um die Zeit seiner Mitternacht, und endlich der Zuschauer in *g* Morgens zur Zeit seines Sonnenaufgangs, weil sich nämlich die Erde in der Richtung *hog*, von West nach Ost dreht, und weil die von der Sonne *S* abgewendete Hälfte der Erde eben ihre Nacht hat. Auch bemerkt man leicht aus dem blossen Anblick der Zeichnung, dass die Orte der Erde um *h* den Anfang der Finsterniss um die Zeit des Aufgangs des Mondes, dass sie also im Allgemeinen die ganze Dauer der Finsterniss sehen, während die Zuschauer auf der Ostseite um *g* den Anfang beim Untergang des Mondes, und daher von den späteren Erscheinungen der Finsterniss nichts mehr erblicken u. s. w.

Besser und umständlicher wird man diese Umstände einer Finsterniss mit Hülfe eines Erdglobus (Einl. §. 30. *I.*) bestimmen. Nehmen wir, um uns sogleich durch ein Beispiel deutlich zu machen, an, dass Anfang und Ende einer Finsterniss um 6 und um 10 Uhr Abends Wiener Zeit gefunden wurde, und dass die nördliche Declination des Mondes zur Zeit der Finsterniss 20 Grade betrage. Diess vorausgesetzt, stelle man den Nordpol des Globus 20 Grade über seinem Horizont, so

wird dann der irdische Parallelkreis, der die geographische Breite von 20 Graden hat, durch den höchsten Punkt des Globus gehen. Man bringe nun Wien unter die untere Hälfte des Meridians von Messing und stelle den Zeiger der Rose auf 12 Uhr. Dann drehe man den Globus gen Ost um 6 Stunden, so steht der Punkt der Erde (Cochinchina) am höchsten Punkt des Globus, der bei dem Anfang der Finsterniss den Mond eben in seinem Zenithe sieht; alle Orte unter dem Meridian des Globus (Irkuzk, Java, die Westküste von Neuholland) sehen den Anfang zur Zeit ihrer Mitternacht; alle Orte auf der westlichen Hälfte des Horizonts (Spanien, das Cap der guten Hoffnung) sehen den Anfang bei Sonnenuntergang, und alle auf der östlichen Hälfte (der Sclavensee, die Sandwichinseln, Neuseeland) sehen den Anfang bei Sonnenaufgang, oder, was dasselbe ist, bei dem Untergang des Mondes. Ueberhaupt sehen alle Bewohner derjenigen Hälfte des Globus, die jetzt über dem Horizonte ist, den Mond also auch den Anfang der Finsterniss, während die in der unteren Hälfte den Anfang nicht sehen können. — Dreht man dann den Globus noch weiter gegen Ost, bis der Zeiger 10 Uhr gibt, so werden alle jetzt über dem Horizonte liegenden Orte das Ende der Finsterniss sehen, die unter dem Meridian (Archangel, Teheran, die östlichste Spitze von Afrika) sehen das Ende in ihrem Mittage u. s. w. Diejenigen, welche bei der ersten Stellung des Globus über und bei der zweiten unter dem Horizonte waren, sehen den Anfang, aber nicht das Ende; die bei der ersten Stellung unter und bei der zweiten über dem Horizonte waren, sehen bloss das Ende, und die bei beiden Stellungen über oder unter dem Horizonte lagen, sehen die ganze Finsterniss oder gar nichts von derselben. Man kann sich von diesen vier Arten von Zuschauern einen schnellen Ueberblick verschaffen, wenn man, in jenen beiden Stellungen des Globus, den Durchschnitt desselben mit dem Horizonte durch Kreide bezeichnet, wodurch man zwei grösste Kreise der Kugel erhält, die sich also durchkreuzen und welche die erwähnten vier Gattungen von Zuschauern von einander scheiden.

§. 173. (Sonnenfinsternisse.) Oft sieht man den Schatten einer Wolke, wenn sie von den Winden getrieben wird, über die Erde ziehen, und wenn der Schatten den Zuschauer erreicht, ihm den Anblick der Sonne rauben, während andere, ausser dieser Schattengrenze, noch von ihr beschienen werden. Diess ist ein treues Bild der merkwürdigen Erscheinung, die der Mond öfter zur Zeit seines Neulichtes darbietet. Dann steht er nämlich in derselben Gegend des Himmels, wie die Sonne, und wenn ihn seine Bahn für unseren Standpunkt nahe genug bei der Sonne vorüberführt, so wird er auch allen denjenigen Bewohnern der Erde, die sich in der geraden Linie, die durch Sonne und Mond geht, befinden, den Anblick der Sonne entziehen, oder eine S o n n e n f i n s t e r n i s s verursachen.

Geht daher der Mond zur Zeit seines N e u l i c h t e s für uns mitten durch die Sonne, so wird er, wenn anders sein scheinbarer Halbmesser grösser ist, als jener der Sonne, die ganze Sonne bedecken, oder die Finsterniss wird t o t a l sein. Ist aber sein Halbmesser der kleinere, so wird er die Sonne nicht ganz bedecken, sondern noch rings um sich einen hellen Rand der Sonne frei lassen, oder die Finsterniss wird r i n g f ö r m i g sein. Geht endlich der Mond nicht mitten durch die Sonne,

so wird er uns nur einen Theil derselben bedecken, oder die Finsterniss wird partial sein.

Bei der Mondsfinsterniss sehen alle Bewohner der Erde, die nur überhaupt noch den Mond sehen, die Finsterniss in demselben Augenblicke, und auch von derselben Grösse, weil hier der Mond, durch den Erdschatten, seines Lichtes in der That beraubt wird. Bei einer Sonnenfinsterniss aber wird das Licht der Sonne durch den Mond nur abgeblendet, und zwar nur für diejenigen, welche sich in der Richtung der durch Sonne und Mond gehenden Linie befinden, während die ausser jener Richtung liegenden Bewohner der Erde, wie dort bei der Wolke, diese Finsterniss entweder gar nicht oder doch eine andere Grösse derselben sehen. Man sieht daraus, dass die Berechnung einer Sonnenfinsterniss mehr Schwierigkeiten darbietet, als die einer Mondsfinsterniss, weil dort auch auf den Stand des Beobachters Rücksicht genommen werden muss, was hier ganz wegfällt. Doch hat man die Regeln, welche man bei der Berechnung beider Arten von Finsternissen zu beobachten hat, auf so einfache Ausdrücke zurückgebracht, dass sie von jedem nur mit einiger Kenntniss des Gegenstandes versehenen Anfänger ohne Mühe ausgeführt werden können.

Uebrigens sind die Sonnenfinsternisse für die ganze Erde im Allgemeinen viel häufiger, als die des Mondes, da in 18 Jahren nahe 40 derselben statthaben. Für einen bestimmten Ort der Erde aber, z. B. für Paris oder Wien sind die daselbst sichtbaren Sonnenfinsternisse beinahe dreimal seltener, als die Mondsfinsternisse, so dass im Durchschnitte jeder Ort nur alle zwei Jahre eine Sonnenfinsterniss, und erst in 200 Jahren eine totale zu erwarten hat.

Die nächsten in Europa sichtbaren grösseren Sonnenfinsternisse sind:

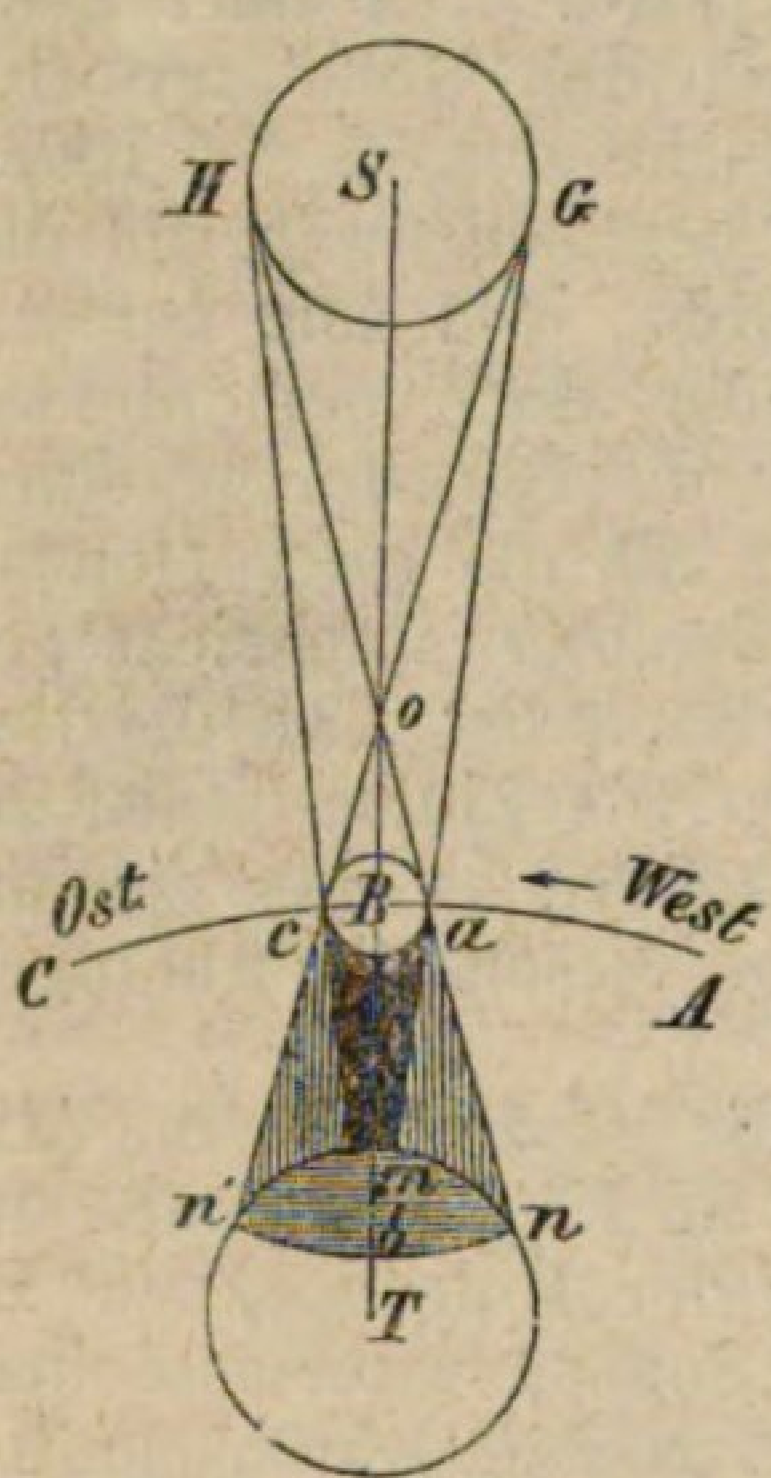
1867 am 6. März, ringförmig in Afrika, Sicilien, Wallachei und Russland.
1870 „ 22. December, total in Portugal, Sicilien, Griechenland und Türkei.
1887 „ 19. August, total in Preussen und Russland.
1890 „ 17. Juni, ringförmig im Mittelmeere und Kleinasien.
1896 „ 9. August, total in Norwegen, Lappland, Russland.
1900 „ 28. Mai, ringförmig in Portugal und Spanien.

Die älteste Nachricht von Finsternissen, die auf uns gekommen, ist die von dem Jahre 2550 vor Chr. G., welche, wie die heiligen Bücher der Chinesen erzählen, die Astronomen Ho und Hi falsch berechneten, wofür sie mit dem Tode bestraft wurden. Die ältesten eigentlichen Beobachtungen von Finsternissen aber hat uns Ptolemäus in seinem Almagest erhalten. Sie bestehen in zwei Mondsfinsternissen, welche die Chaldäer zu Babylon im Jahr 719 und 720 vor Chr. beobachtet haben.

Während die Mondsfinsternisse nur zur Zeit des Vollmonds statthaben, wo sich die Erde in gerader Linie zwischen Sonne und Mond befindet, ereignen sich im Gegentheile die Sonnenfinsternisse nur zur Zeit des Neumonds, wo der Mond in gerader Linie zwischen Sonne und Erde steht. Seien *T*, *B* und *S* (Fig. 36) die Mittelpunkte der Erde, des Mondes und der Sonne zur Zeit des Neumonds. Zieht man die Tangenten *Gm* und *Hm* auf denselben Seiten des Monds und der Sonne, so erhält man dadurch den kegelförmigen Kernschatten *amc*, den der Mond auf die Erde wirft und dessen Spitze, wenn sie in die Erde eindringen

könnte, bis *b* reichen würde. Zieht man aber die Tangenten *Hn* und *Gn'* auf entgegengesetzten Seiten des Monds und der Sonne, so erhält man dadurch den Halbschatten *acnn'* des Monds, der ebenfalls ein Kegel ist, dessen Spitze aber in *o*, zwischen Mond und Sonne, liegt.

Fig. 36.



Der Beobachter *m*, in der Mitte des vollen Schattens oder in der Axe *BbT* des Schattenkegels, sieht die Sonne von dem Monde gänzlich bedeckt. Der Beobachter *n*, in der westlichen Grenze des Halbschattens, sieht, zu derselben Zeit, die Berührung beider Gestirne am östlichen Sonnenrande, der in *n'* sieht die Berührung derselben an dem westlichen Sonnenrand; die Zuschauer zwischen *m* und *n* sehen den östlichen Theil der Sonne, bei *H*, und zwar desto mehr bedeckt, je näher sie selbst bei *m* stehen, und die zwischen *m* und *n'* endlich sehen die westliche Seite der Sonne, bei *G*, desto mehr verfinstert, je näher auch sie bei *m* stehen. Die ausser dem Bogen *nmn'* liegenden Beobachter aber bemerken in diesem Augenblicke von der Finsterniss gar nichts. Man sieht also, dass die Sonnenfinsternisse keineswegs für alle Orte der Erde in demselben Augenblicke gleich gross erscheinen, wie diess bei den Mondsfinsternissen allerdings der Fall war. Die Ursache davon liegt offenbar in der Parallaxe des Monds (§. 64) oder in der Verschiedenheit des Ortes, den er, für verschiedene Zuschauer auf der Oberfläche der Erde, am Himmel einzunehmen scheint.

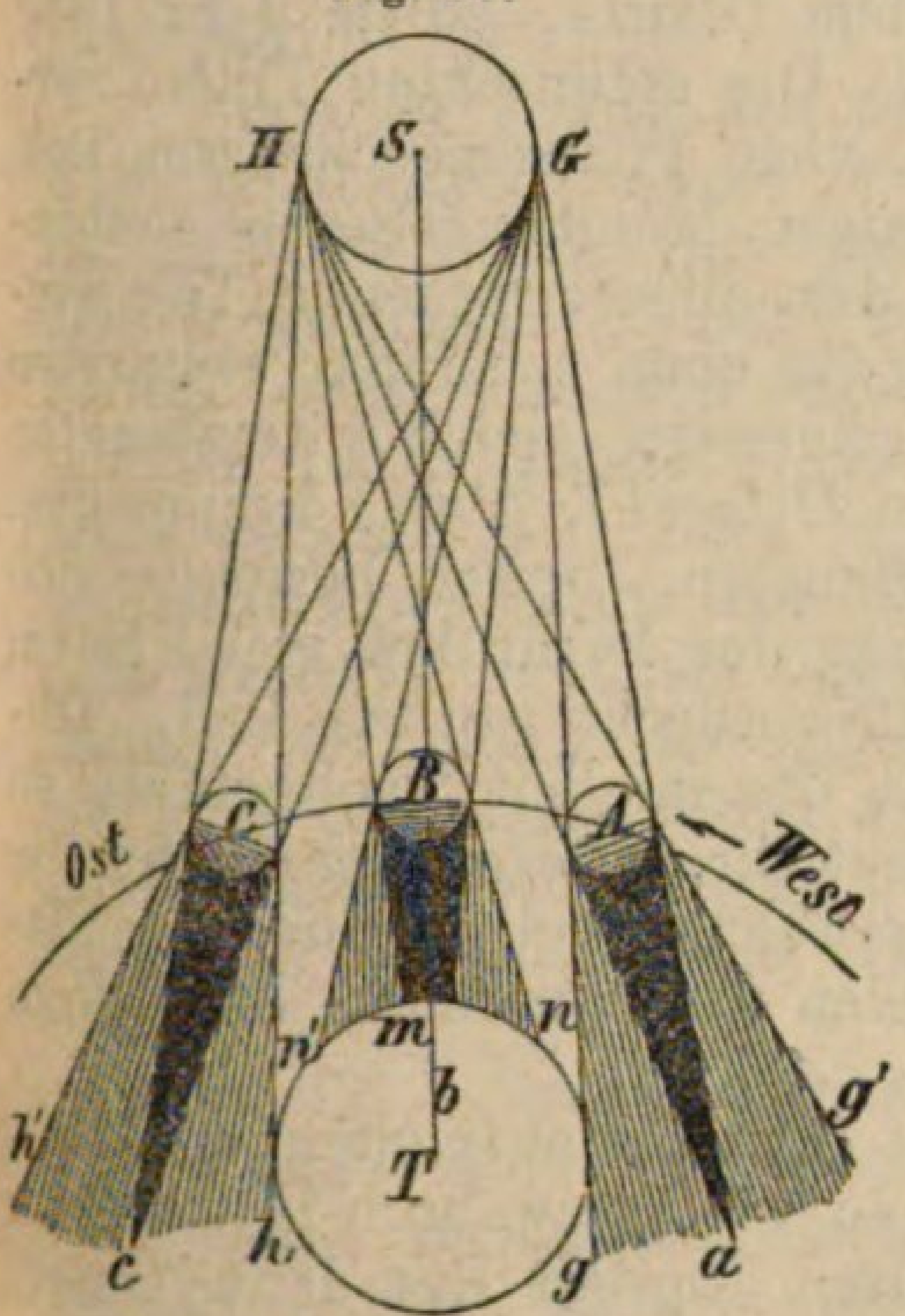
Der Kernschatten *amc* (Fig. 36), so wie der ihn umgebende viel grössere Halbschatten *acnn'* breiten sich über der Erde in einem kreisförmigen Raume aus. Diese Schattenkreise ziehen während der Finsterniss über die Erde hin, und der krumme Weg, den jeder Punkt derselben auf der Oberfläche der Erde beschreibt, ist zur Zeit der beiden Sonnenwenden nahe dem Aequator parallel, während er zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche von Südwest nach Nordost, und bei der Herbstnachtgleiche von Nordwest nach Südost geht. Diejenigen Bewohner der Erde, die auf diesem Schattenwege des Monds liegen, sehen allein die Finsterniss: allen anderen ist sie unsichtbar. Diejenigen, welche an den beiden äussersten, südlichen und nördlichen, Grenzen des Schattenwegs, oder die auf dem Wege der beiden Punkte *n* und *n'* liegen, sehen bloss eine Berührung der Ränder der Sonne und des Monds; die in der Mitte zwischen *m* und *n* oder *m* und *n'* sind, sehen alle die Sonne halb bedeckt, und diejenigen endlich, die auf dem Wege liegen, welchen der kreisförmige Raum des Kernschattens *m* beschreibt, sehen eine totale oder völlige Verfinsterung der Sonne.

Wenn der Mond *B* zur Zeit seines Neulichts so weit von der Erde entfernt ist, dass die Spitze *b* des Kernschattens nur eben die Erde berührt, so geht jener Kreis in einen einzigen Punkt über, und diejenigen Bewohner der Erde, die auf dem Wege dieses Punkts *b* liegen, sehen zwar noch eine totale Finsterniss, aber ohne Dauer, d. h. die völlige

Verdunkelung der Sonne dauert nur einen Augenblick. Ist aber der Mond noch weiter von der Erde entfernt, so trifft die Spitze *b* des Kernschattens die Erde gar nicht mehr, und dann ist die Finsterniss nirgends auf der Erde total, aber dafür werden diejenigen Zuschauer, die auf dem Wege der verlängerten Schattenaxe *Bm* liegen, eine ringförmige Sonnenfinsterniss sehen, wo die Sonne von dem Monde, der hier kleiner erscheint als jene, zwar central bedeckt wird, aber doch rings um den Mond noch ein Theil der Sonne in der Gestalt eines lichten Ringes frei bleibt. Die Breite dieses Ringes kann bis 1 ½ Minute gehen.

Der Mond bewegt sich bekanntlich in seiner Bahn von West nach Ost oder von *A* nach *B* (Fig. 37), und eben so dreht sich auch die Erde *T* in ihrer täglichen Bewegung in der Richtung *gmh* um ihre Axe. Wenn daher der Mond auf seinem Wege in den Punkt *A* kommt, so berührt der östliche Rand seines Halbschattens die Erde auf der Westseite in *g*. Die Bewohner der Umgegend von *g* sehen also, unter allen Zuschauern zuerst, die Sonne verfinstert. Der Anfang der Finsterniss für die Erde überhaupt hat auf dem Westrande der Sonne statt, und er ereignet sich, wie man aus dem blossen Anblicke der Zeichnung sieht, in dem Augenblicke, wo den Bewohnern der Umgegend von *g* die Sonne eben aufgeht. — Gelangt der Mond gegen das Ende der Finsterniss in den Punkt *C* seiner Bahn, so berührt jetzt der westliche Rand des Halbschattens die Erde auf der Ostseite in *h*, und die Bewohner der Umgegend von *h* sehen, unter allen Orten der Erde, die Sonne zuletzt an ihrem östlichen Rande und zwar zu derjenigen Zeit verfinstert, wo ihnen die Sonne eben untergeht. Da übrigens der Mondschatten, so wie der Mond selbst, von West nach Ost über die Erde zieht, so müssen die westlichen Länder der Erde die Sonne früher verfinstert sehen, als die östlichen.

Fig. 37.



Auch die Sonnenfinsternisse können nur dann statthaben, wenn der Mond, zur Zeit seines Neulichts, nahe bei seinen Knoten ist. Ist im Augenblicke des Neulichts die Breite des Monds grösser als $1^0\ 2'$, so kann keine totale Finsterniss, und ist sie grösser als $1^0\ 35'$, so kann gar keine Finsterniss mehr statthaben, weil in dem letzten Falle der Halbschatten des Monds ganz ausserhalb der Erde liegt.

Bei den Mondsfinsternissen zeigt sich der Rand des Erdschattens auf dem Monde sehr schlecht begrenzt, was eine Folge der allmählichen Verdichtung des Halbschattens ist. Zur Zeit der gänzlichen Verfinsterung des Mondes sieht man ihn, besonders durch Fernröhre, immer noch in einem schwachen, meist röthlichen oder kupferfarbigen Lichte schimmern, das letzte in Folge der Brechung und Farbenzerstreuung, welche die Sonnenstrahlen in der Erdatmosphäre erleiden. Bei Sonnen-

finsternissen bemerkt man, so lange auch nur ein kleiner Theil der Sonne unbedeckt ist, keine auffallende Verdunkelung auf der Erde. In dem Augenblicke aber, wo der letzte lichte Punkt der Sonne verschwindet, zeigt sich Firmament und Landschaft in einer höchst merkwürdigen Beleuchtung, von der Taf. VIII. nach einem im Jahre 1851 von Herrn Schall nach der Natur gemalten Bilde eine Vorstellung geben mag. Die eigenthümliche schwärzliche Bläue des Himmels, der orangefarbene Saum am Horizonte, von den ausser dem Mondschatten liegenden Theilen der Atmosphäre rührend, das düstere Zwielicht, das auf der Gegend lagert, verfehlen nie einen ergreifenden Eindruck auf den Beschauer zu machen (siehe *II.* Abth.). Die plötzlich mitten in den Tag hereingeworfene Nacht erniedrigt die Temperatur um viele Grade, es fällt Thau und Wolken bilden sich; die grösseren Gestirne entzünden sich mit einem Male beinahe zu vollem Glanze, so im Jahr 1851 Venus rechts, Merkur links vom Monde. Die getäuschten Thiere verstummen und suchen ihre Zufluchtstätten, viele Pflanzen schliessen ihre Blätter und Blüthen. Da tritt nach wenigen Minuten ebenso zauberhaft mit dem ersten Funken der Sonne der alles erfreuende Tag wieder ein, und belebt von neuem die Reize der eben scheinbar erstarrten Natur. Die dabei an der Sonne sich zeigenden gleich interessanten Phänomene werden wir an einem anderen Orte (*II.* Abth.) besprechen.

§. 174. **(Satelliten Jupiter's.)** Um den Planeten Jupiter bewegen sich vier Monde, die gleich nach der Erfindung der Fernröhre von Simon Marius im Jahre 1609 und Galilei 1610 entdeckt worden sind. Obgleich man sie erst seit 200 Jahren mit Genauigkeit beobachtet, so haben sie uns doch, durch die Schnelligkeit ihrer Revolutionen, bereits alle die Veränderungen erkennen lassen, welche sich in unserem Planetensysteme erst in einer Reihe von vielen Jahrtausenden entwickeln werden.

Die Tafel am Ende des Werkes gibt ihre Umlaufszeiten und Entfernungen von dem Mittelpunkte Jupiters, so wie die wahren Halbmesser derselben, und zeigt, dass auch die Satelliten Jupiters das dritte Gesetz Kepler's (§. 143) beobachten.

Oft sieht man diese Monde plötzlich verschwinden, und nach einigen Stunden weiter östlich wieder erscheinen. Man erkannte bald, dass diese Mondsfinsternisse durch den Schatten ihres Hauptplaneten hervorgebracht werden, und dass daher beide Himmelskörper an sich dunkel sind, und ihr Licht nur von der Sonne erhalten. Mit guten Fernröhren sieht man diese Satelliten auch oft an der östlichen Scheibe Jupiters in dieselbe eintreten, und auf derselben gegen den westlichen Rand fortrücken, wo ihnen nahe eben so grosse dunkle Flecken folgen, die denselben Weg, wie jene, und mit derselben Geschwindigkeit zurücklegen. Diese Flecken sind die Schatten, welche sie auf ihren Hauptplaneten werfen. Diese Erscheinungen sind daher wahre Sonnenfinsternisse, welche diese Monde auf der Oberfläche Jupiters veranlassen.

X §. 175. **(Merkwürdige Verhältnisse zwischen diesen Satelliten.)** Vergleicht man die mittleren Längen der drei dem Jupiter nächsten Satelliten, so findet man, dass für jede gegebene Epoche die Länge des ersten oder nächsten sammt der doppelten Länge des zweiten, weniger der dreifachen Länge des dritten immer gleich 180 Graden ist. Eben so ist die mittlere siderische

Bewegung des ersten für irgend einen Zeitraum sammt der doppelten des zweiten immer gleich der dreifachen Bewegung des dritten während derselben Zeit. Daraus folgt, dass diese drei Satelliten nie alle zugleich verfinstert werden können.

Die Neigungen der Bahnen dieser Satelliten gegen den Aequator Jupiters sind sämmtlich sehr gering. Ohne Zweifel sind sie ebenfalls Ellipsen, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt ihres Hauptplaneten liegt. Aber sie sind alle zu weit von uns entfernt, um die Excentricität ihrer Bahnen beobachten zu können, die zwei äussersten ausgenommen, bei denen man sie in der That schon bemerkt hat.

§. 176. (Anwendung derselben zu andern astronomischen Untersuchungen.) Es ist bereits oben bemerkt worden (§. 74), dass die Beobachtung der Finsternisse dieser Monde uns die Geschwindigkeit des Lichts kennen gelehrt hat.

Eben so geben uns auch dieselben Finsternisse wenigstens eine erste genäherte Kenntniss der Entfernung Jupiters von der Sonne. Denn zur Zeit der Mitte einer jeden dieser Finsternisse ist der Satellit, aus dem Mittelpunkte Jupiter's gesehen, sehr nahe in Opposition mit der Sonne, oder seine von Jupiter gesehene Länge ist gleich der heliocentrischen Länge Jupiter's, die uns durch die Tafeln (§. 141) dieses Planeten gegeben ist. Eben so geben uns aber auch die Sonnentafeln die heliocentrische Länge der Erde für dieselbe Zeit. Man kennt daher in dem Dreiecke zwischen Sonne, Erde und Jupiter den Winkel an der Sonne, der gleich der Differenz jener beiden heliocentrischen Längen ist, und überdiess, durch unmittelbare Beobachtung, auch den Winkel an der Erde, also kennt man auch (§. 62. *III.*) die Entfernung Jupiter's von der Sonne in Theilen der Entfernung der Erde von der Sonne.

§. 177. (Bestimmung der geographischen Länge.) Endlich kann man diese Finsternisse auch sehr bequem zu Bestimmungen der geographischen Länge der Beobachtungsorte auf der Oberfläche der Erde anwenden. Da sie nämlich, so wie unsere Mondsfinsternisse (§. 172), wahrhafte Beraubungen des Lichts sind, welches diese Satelliten von der Sonne erhalten, und welches sie, wenn sie in den Schatten ihres Hauptplaneten treten, verlieren, so muss der Anfang oder das Ende dieser Finsternisse an allen Orten der Erde in einem und demselben Augenblicke gesehen werden. Drückt daher jeder Beobachter derselben diesen Anfang der Finsterniss in der Zeit seines Ortes aus, so darf man nur diese Ortszeiten zweier Beobachter von einander subtrahiren, um sofort auch die Differenz der Längen beider Beobachter zu erhalten. Hätte man z. B. eine solche Finsterniss zu Paris um $8^h\ 20^m\ 40^s$ und zu Wien um $9^h\ 16^m\ 50^s$ beobachtet, so würde die Differenz der Meridiane, d. h. die Differenz der geographischen Längen dieser beiden Orte $0^h\ 56^m\ 10^s$ oder $14^0\ 2'\ 30''$ sein, um welchen Bogen Wien östlicher als Paris läge. Dasselbe gilt unverändert auch von den Finsternissen des Satelliten unserer Erde, aber nicht von den Sonnenfinsternissen (§. 172). Denn diese letzten haben für verschiedene Beobachter zu verschiedenen Zeiten statt, und können daher nicht, wie jene, als tautochrone Erscheinungen betrachtet werden. — Man verfährt aber bei diesen Sonnenfinsternissen, so wie bei den Bedeckungen der Fixsterne von dem Monde gewöhnlich so, dass man die Ortszeit jeder Beobachtung durch eine eigene

Rechnung auf diejenige Zeit bringt, zu welcher man dieselbe Finsterniss aus dem Mittelpunkte der Erde gesehen haben würde. Diese Rechnung kann, bei der gegenwärtigen Vollkommenheit unserer Mondstafeln, mit grosser Sicherheit geführt werden. Die geocentrischen Beobachtungen aber, in verschiedenen Ortszeiten ausgedrückt, sind offenbar wieder als solche tautochrone Erscheinungen zu betrachten, deren Zeiten man daher nur von einander subtrahiren darf, um sofort die gesuchte Differenz der geographischen Länge jener Beobachtungsorte zu erhalten.

§. 178. (Satelliten und Ring Saturn's.) Den Saturn umgeben acht Monde, welche aber, den sechsten ausgenommen, der an Grösse den Mars übertrifft, sämmtlich so klein sind, dass sie nur durch gute Fernröhre wahrgenommen werden können, aus welcher Ursache auch die Theorie ihrer Bewegungen noch sehr wenig bekannt ist. Ihre siderischen Umlaufszeiten um ihren Hauptplaneten, ihre mittleren Entfernungen von demselben, und endlich die Durchmesser derselben gibt die Tafel am Ende des Werkes.

Man sieht aus derselben, dass auch bei ihnen die Bewegung nach dem dritten Gesetze Kepler's stattfindet. Die Durchmesser der beiden ersten sind äusserst schwer zu bestimmen, besonders der des nächsten an dem Hauptplaneten, der wahrscheinlich einer der kleinsten uns bekannten Himmelskörper ist. Die Excentricitäten dieser Satellitenbahnen können, wegen der zu grossen Entfernung derselben, nicht mit Genauigkeit bestimmt werden. Die Neigungen dieser Bahnen aber gegen die Saturnsbahn sind viel beträchtlicher, als bei den Monden Jupiter's, daher auch ihre Finsternisse viel seltener sind. Bei dem achten oder dem von Saturn entferntesten Monde hat man bemerkt, dass er auf der Ostseite seines Hauptplaneten immer heller erscheint, als bei seiner westlichen Digression. Mit mehr Verlässlichkeit hat man ähnliche Beobachtungen auch an den Satelliten Jupiter's angestellt, und daraus geschlossen, dass sich diese Satelliten alle, so wie unser Mond (§. 163), in derselben Zeit um ihre Axe drehen, in welcher sie sich um ihren Hauptplaneten bewegen. Diese Gleichheit der Revolution und der Rotation scheint daher ein allen Satelliten gemeinsames Gesetz zu sein.

Die so ungleiche Sichtbarkeit der Satelliten Saturn's hatte zur Folge, dass diese Himmelskörper erst im Laufe mehrerer Jahrhunderte (durch Huyghens 1655, D. Cassini 1672—1684, W. Herschel 1789, Bond und Lassell 1848) und wie eben die Fortschritte der Optik es gestatteten, entdeckt wurden. Die Bezeichnung durch Nummern genügt daher in diesem Systeme nicht, und man hat desshalb eine namentliche Bezeichnung eingeführt.

Saturn ist nebst seinen Monden noch mit einem doppelten, kreisförmigen, dem Hauptplaneten concentrischen Ringe umgeben, dessen Dasein zuerst Huyghens im Jahre 1655 erkannt hat. Beide Ringe liegen nahe in der Ebene des Aequators dieses Planeten. Die Dimensionen dieser Ringe sind für die mittlere Distanz des Saturn von der Erde nach den neuesten Messungen folgende:

Aeusserer Ring. Aeusserer Halbmesser $A = 20''.047$; innerer Halbmesser $B = 17''.644$.

Innerer Ring. Aeusserer Halbmesser $a = 17''.237$; innerer Halbmesser $b = 13''.334$.

Dabei wird der Aequatorialhalbmesser Saturn's $r = 8''.995$ voraus-

gesetzt. Dem gemäss ist daher die Breite des äusseren Rings $A — B = 2''.403$ und die des inneren $a — b = 3''.903$. Die Breite der Spalte zwischen beiden Ringen ist $B — a = 0''.407$, der Abstand des inneren Randes des kleineren Rings von der Oberfläche Saturn's endlich ist $b — r = 4''.339$. Multiplicirt man diese Zahlen durch 951, so erhält man diese Dimensionen in deutschen Meilen ausgedrückt.

Da die Ebene dieses kreisförmigen Ringes gegen die Ekliptik nahe 28°.37 geneigt ist, so zeigt er sich uns in der Gestalt einer Ellipse. Die grosse Axe dieser Ellipse erscheint uns unter dem Winkel von 40'.2, wenn Saturn in seiner mittleren Entfernung von der Erde ist, die kleinere Axe derselben aber ist, nach der Lage der Ringebene gegen die Erdbahn, sehr verschieden. Wenn diese kleine Axe am grössten ist, so beträgt sie 19''.1. Sie kann aber auch für die Bewohner der Erde völlig verschwinden, und dann sehen wir den Saturnring entweder nur als eine gerade Linie, oder er wird uns gänzlich unsichtbar. Dieser Fall tritt ein, wenn die erweiterte Ebene des Rings durch die Sonne geht, und daher nur die schmale Kante desselben beschienen wird, oder wenn die Ringebene durch die Erde geht, oder endlich, wenn die von der Sonne beschienene Seitenfläche des Rings von der Erde abgewendet, und nur die dunkle Seite desselben uns zugekehrt ist. Wir werden später auf diese interessanten Gegenstände wieder zurückkommen.

§. 179. (Satelliten des Uranus.) Wenig bekannt sind uns die Satelliten des Uranus. Herschel d. ä. fand sechs, Lassell in Liverpool hat neuerlich (October 1851) zwei weitere Satelliten von Uranus entdeckt, die innerhalb des ersten von Lassell nie gesehenen Herschel'schen Satelliten stehen, und Umlaufszeiten von 4 und 2½ Tagen haben sollen. Die Tafel am Ende des Werkes gibt die wichtigsten Elemente dieser Satelliten.

Die Bahnen dieser Monde sollen auf der Uranusbahn nahe senkrecht stehen. Wenn daher auch hier, wie es bei Jupiter und Saturn der Fall ist, die Bahnen der Satelliten nahe mit dem Aequator ihrer Hauptplaneten zusammen fallen, so würde die Schiefe der Ekliptik bei Uranus nahe ein rechter Winkel sein, und daher auf ihn die oben (§. 88) gegebene Bemerkung unmittelbar angewendet werden können.

§. 180. (Satellit Neptun's.) Auch Neptun besitzt, so viel man bis jetzt mit Sicherheit weiss, einen Satelliten, dessen Bahn aber in der kurzen Zeit seit seiner Entdeckung durch Lassell im Jahr 1847 noch nicht mit der wünschenswerthen Genauigkeit bestimmt werden konnte, da er nur durch die lichtstärksten Fernröhre zu sehen ist. Mehrere Beobachter haben Spuren eines zweiten Satelliten und eines Ringes wahrgenommen, den letzteren durch die heutigen Riesentelescope in ebenso undeutlichen Rudimenten wie seiner Zeit den Ring Saturn's durch das eben erfundene Fernrohr. Die Tafel am Ende des Werkes zeigt, was bisher von dem Satelliten dieses Planeten bekannt ist.

Kapitel XII.

Refraction, Präcession und Rotation.

§. 181. (Höhe und Dichtigkeit der Atmosphäre.) Nachdem wir in dem Vorhergehenden die Erscheinungen des Himmels im Allgemeinen betrachtet haben, gehen wir nun zu einigen anderen über, die zwar weniger auffallend und für die ersten Beobachter vielleicht ganz unbemerkbar, aber sowohl an sich, als auch in Beziehung auf unsere genauere Kenntniss der himmlischen Bewegungen, zu wichtig sind, als dass sie hier übergangen werden könnten.

Unsere Erde ist bekanntlich ringsum von einem Luftmeere umgeben, an dessen Grunde wir uns aufhalten. Diese Luft scheint sich nicht eben sehr hoch über die Oberfläche der Erde zu erstrecken, da wir auf den Gipfeln hoher Berge und in unsern Aerostaten schon in der Höhe von einer deutschen Meile eine starke Abnahme derselben bemerken. Wir können diese Abnahme durch das Barometer beobachten. Dieses Instrument ist nämlich nicht, wie man noch jetzt so häufig glaubt, bestimmt, uns die künftige Witterung zu verkündigen, sondern bloss das Gewicht oder den Druck desjenigen Theiles der Luft anzugeben, der über diesem Instrumente bis zur höchsten Grenze der Atmosphäre enthalten ist. Je höher das Barometer über der Oberfläche der Erde steht, desto kürzer ist die noch übrige Luftsäule, die über demselben enthalten, desto geringer ist also auch der Druck dieser Säule, selbst wenn sie überall von gleicher Dichte wäre, und desto niedriger ist endlich auch der Stand des Quecksilbers in dem geschlossenen Theile der Glasröhre des Instruments, so dass man, durch den Stand des Barometers, den Druck der Luft in jeder Höhe über der Erde, also auch, wenn die specifische Schwere der Luft bekannt ist, jene Höhe über der Erde messen kann.

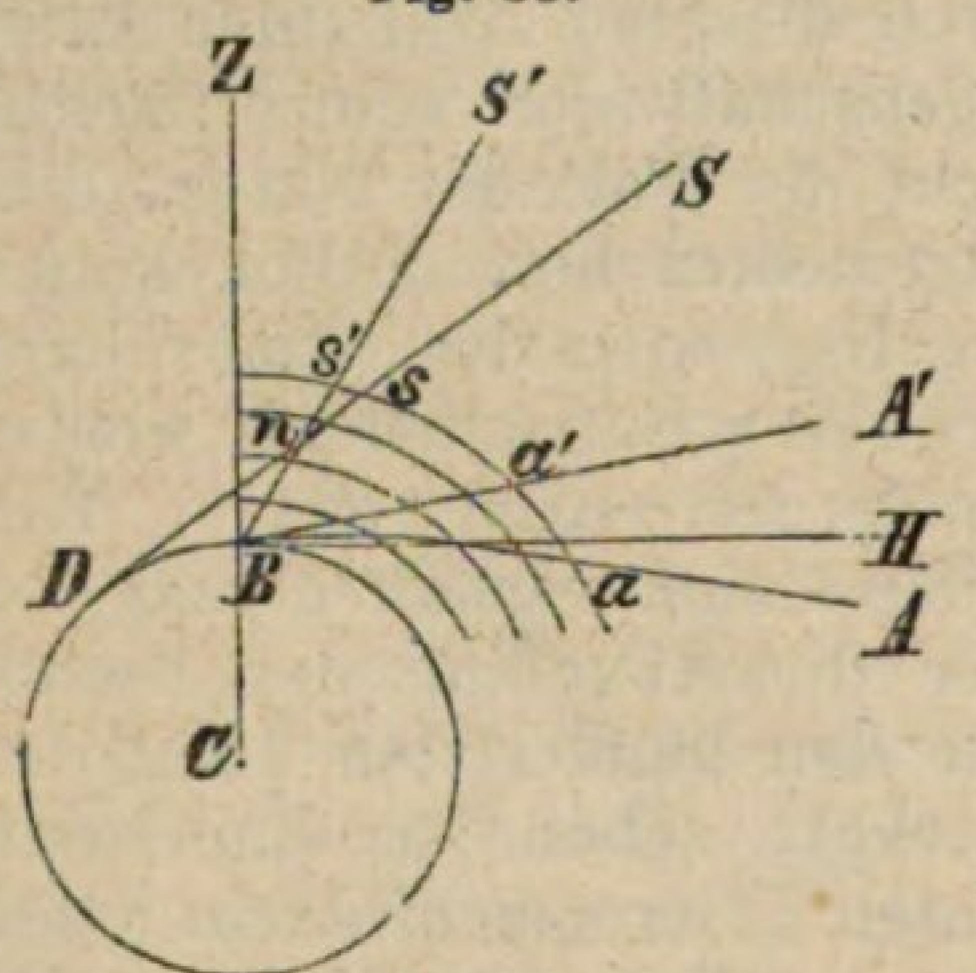
Die Luft hat nämlich, wie alle Körper, eine bestimmte Schwere oder ein bestimmtes Gewicht, mit welchem sie auf die unter ihr liegenden Gegenstände einen Druck ausübt. An der Oberfläche des Meeres hält dieser Druck der Luft einer Quecksilbersäule des Barometers von 28 Pariser Zollen das Gleichgewicht, wenn das Thermometer Réaumur 0 Grad zeigt, wodurch man also gleichsam das Mass dieses Druckes erhält. Unter diesem Drucke und bei dieser Temperatur der Luft verhält sich, wie die Versuche von Biot und Arago zeigten, die specifische Schwere der Luft zu der des Quecksilbers wie 1 zu 10462. Wenn daher die Atmosphäre durchaus dieselbe Dichte hätte, so würde ihre Höhe über der Erde 28mal 10462 Zolle oder 24411 Par. Fuss, d. h. also nahe eine d. Meile betragen, und das Quecksilber würde an allen Orten der Atmosphäre gleichviel, z. B. um einen Zoll fallen, wenn man an diesen Orten um dieselbe Grösse, etwa um 872 Fuss höher steigt. Dann würde man nämlich für die Barometerstände von 27, 26, 25 und 24 Zollen in derselben Ordnung die Höhen der Beobachtungsorte über der Erde 872, 1744, 2615 und 3487 Fuss erhalten. — Allein diess ist den Beobachtungen keineswegs gemäss. Wenn man sich nahe

1050 Par. Fuss über das Meer erhebt, so sinkt das Barometer auf 27 Zolle herab; in der Höhe von 1970 Fuss über dem Meere zeigt es 26 Zolle, in der Höhe von 2930 Fuss 25 Zolle, in der Höhe von 3930 Fuss 24 Zolle u. s. w. Aus diesen Zahlen folgt, dass die Dichte der Luft nicht in allen ihren Höhen dieselbe sein kann. Der berühmte Physiker Mariotte hat gefunden, dass diese Dichte der Luft dem Druck derselben, also den Barometerhöhen selbst proportional ist. Nach diesem Gesetze müssen also die unteren, der Erde näheren Schichten dichter sein, als die oberen, deren Gewicht jene ersten zusammendrückt. Wenn die Temperatur der Luft durchaus dieselbe wäre, so würde aus diesem Gesetze folgen, dass die Dichte der Luft, also auch die Barometerhöhe in einer sogenannten geometrischen Progression abnimmt, wenn die Differenzen der Höhen über der Erde in einer arithmetischen Progression wachsen. Diess ist bei den vorhergehenden Höhen für 27, 26, 25 und 24 Zoll des Barometers der Fall, da die Differenzen dieser Höhen 920, 960, 1000 Fuss betragen, wo man jede dieser Zahlen findet, wenn man die nächstvorhergehende durch dieselbe Zahl (hier 1.04) multiplicirt, was eine charakteristische Eigenschaft der geometrischen Progressionen ist. Allein auch diess ist nicht der Fall der Natur, und wir wissen, dass es auf hohen Bergen im Allgemeinen beträchtlich kälter ist, als in den Ebenen. Die in den oberen Gegenden der Atmosphäre herrschende Kälte wird also die Dichte der oberen Luftschichten wieder vermehren und so der Atmosphäre selbst andere Grenzen setzen. Wie es aber auch mit dieser Grenze der Atmosphäre sich verhalten mag, so ist aus den erwähnten Beobachtungen über die Abnahme der Dichte derselben klar, dass sie in einer Höhe, die den hundertsten Theil des Erddurchmessers also nahe 17 Meilen beträgt, schon so dünn sein muss, dass nicht nur keines der uns bekannten Thiere mehr darin leben kann, sondern dass selbst unsere feinsten physikalischen Instrumente uns nicht einmal die Existenz derselben mehr anzugeben im Stande sein würden. Die für unsere Sinne vielleicht noch fühlbare Luft erstreckt sich nicht über zwei d. Meilen von der Oberfläche der Erde, und in diesen Gegenden ist die Dichte derselben nahe der achte Theil ihrer Dichte an der Oberfläche des Meeres. Bis zu dieser Höhe kann man, den Beobachtungen gemäss, die Atmosphäre als aus der Oberfläche der Erde parallelen sphärischen Schichten bestehend annehmen, deren jede in allen Punkten gleich dicht ist, während die Dichte der verschiedenen Schichten selbst mit ihrer Höhe von der Erde nach dem erwähnten Gesetze abnimmt. Diese Annahme ist der Lehre von dem Gleichgewichte der Flüssigkeiten vollkommen gemäss, und sie setzt uns zugleich in den Stand, die Wirkungen dieser auf die erwähnte Weise constituirten Atmosphäre einer einfachen Rechnung zu unterwerfen. Die Uebereinstimmung der Resultate dieser Rechnung mit jenen der unmittelbaren Beobachtungen wird dann zeigen, ob jene Voraussetzung selbst der Wahrheit gemäss sei.

§. 182. (Refraction.) Wie alle durchsichtigen Körper, so hat auch die Luft die Eigenschaft, dass sie die in sie fallenden Lichtstrahlen bricht, d. h. ihnen eine andere Richtung gibt. Die Folge davon ist, dass wir die Sonne und überhaupt alle Körper des Himmels an einem ganz anderen Orte sehen, als an dem, welchen sie in der That einnehmen.

Ist C (Fig. 38) der Mittelpunkt der Erde, B der Beobachter auf der Oberfläche derselben und S ein Gestirn, so wird der Lichtstrahl Ss, wenn er der ersten der oben erwähnten concentrischen Luftschichten in s begegnet, von derselben so gebrochen, dass er der Linie Cs oder dem Einfallslothe näher kommt, als er ohne Brechung gekommen sein würde. Da ferner die Beschaffenheit der Schichten in allen Richtungen um den Punkt s durchaus dieselbe ist, so wird der Strahl durch die Brechung nur von dem Zenithe weg, aber nicht seitwärts gebracht, so dass er auch nach seiner Brechung noch in derselben Verticalebene CSs liegt, wie vor derselben, oder dass durch diese Brechung nur die Zenithdistanz, aber nicht das Azimut des Sterns (Einl. §. 20) verändert wird. Diese Veränderung ist allerdings nur sehr gering, weil die Dichte sowohl, als die Dicke dieser ersten Schicht ebenfalls nur äusserst klein ist. Aber die zweite Schicht bewirkt eine ähnliche Veränderung oder eine ähnliche Brechung des Lichtstrahls, und da dasselbe auch von allen folgenden Schichten gilt, so wird die Wirkung aller dieser Brechungen sein, dass der anfänglich geradlinige Strahl Ss innerhalb der Atmosphäre, oder von dem Punkte s bis zu dem Auge des Beobachters in B, eine gegen die Erde hohle **krumme** Linie sB beschreibt. Nun sieht man aber alle Gegenstände in derjenigen Richtung, welche der von ihm ausgehende Lichtstrahl in dem Augenblicke hat, in welchem er das Auge des Beobachters trifft, unbeschadet aller der andern Richtungen, die er etwa vor diesem Augenblicke gehabt haben kann. Daraus folgt, dass das Auge den Stern S in der Richtung der Tangente des letzten Punktes der krummen Linie sieht, die sein Licht in der Atmosphäre beschreibt, oder in der Richtung der geraden Linie $Bs'S'$, also auch näher bei dem Zenithe Z, als es den Stern ohne Brechung gesehen haben würde. So wie aber $Bs'S'$ die letzte Tangente jener krummen Linie ist, so ist auch die gerade Linie Ss die erste Tangente derselben. Verlängert man diese Linie Ss auf der andern Seite von s, bis sie die letzte Tangente in n und die Erde in D trifft, so ist der Winkel BnD dieser beiden Tangenten die eigentliche Ablenkung des Strahls, die durch die Brechung hervorgebracht wird, d. h. dieser Winkel BnD ist die gesuchte **Refraction** oder die Strahlenbrechung des Sterns S für die scheinbare Zenithdistanz ZBS', in welcher ihn der Beobachter in B sieht.

Fig. 38.



§. 183. (Bestimmung der Grösse der Refraction.) Es ist nun Sache der Geometrie, die Grösse dieses Winkels BnD oder der Refraction der Gestirne für jede scheinbare Zenithdistanz ZBS' zu bestimmen. Man sieht von selbst, dass diese Bestimmung durch das ganze Gebiet der praktischen Astronomie von der grössten Wichtigkeit ist, da sie alle unsere Beobachtungen ohne Ausnahme afficirt, und da wir durchaus von keinem Himmelskörper den wahren Ort angeben können, den er im Weltraume einnimmt, wenn wir uns nicht zuerst von dieser optischen Täuschung befreit haben, durch welche wir alle diese Körper höher über dem Horizonte sehen, als sie es in der That sind.

Unglücklicher Weise ist aber diese Aufgabe sehr schwer mit vollkommener Schärfe zu lösen. Wir haben bereits oben (§. 181) gesagt, dass die Dichte der Luft, die, nach Mariotte's Gesetz, in jedem Punkte der Atmosphäre dem Drucke der oberen Schichten proportional ist, durch die in den höheren Gegenden herrschende Kälte wieder vergrössert wird. Man nimmt gewöhnlich an, dass für jede Erhöhung von nahe 670 Par. Fuss über die Oberfläche der Erde die Temperatur der Atmosphäre um einen Grad Réaum. abnimmt. Allein diese Annahme ist keineswegs hinlänglich begründet. Unsere grössten Berge und selbst unsere höchsten Luftfahrten sind noch viel zu niedrig, um von ihnen eine sichere Belehrung über die Constitution der höchsten Luftschichten hoffen zu können *). Mit einem Worte, das Gesetz, nach welchem sich die Wärme in den höheren Gegenden und also auch die Dichte der Luft ändert, ist uns noch so gut als gänzlich unbekannt, und so lange wir die Dichte der Luft in ihren verschiedenen Schichten nicht kennen, ist es auch nicht möglich, die Refraction, die ganz von dieser Dichte abhängt, zu bestimmen. Dieser Hindernisse ungeachtet haben die Astronomen, besonders in den letzten Zeiten, die Theorie der Refraction so weit vervollkommnet, dass sie nun, selbst für unsere genauesten Beobachtungen, wohl nur sehr wenig mehr zu wünschen übrig lässt. Sie haben uns Tafeln geliefert, aus welchen man für jede beobachtete Zenithdistanz die Refraction finden kann, die, zu der beobachteten Zenithdistanz addirt, die wahre oder diejenige gibt, welche man beobachten würde, wenn unsere Erde von keiner Atmosphäre umgeben wäre, oder wenn wir alle Gestirne an demjenigen Orte des Himmels sehen könnten, den sie in der That einnehmen. Eine solche Tafel theilen wir hier im Auszuge mit:

Beobachtete Zenithdistanz.	Refraction.	Beobachtete Zenithdistanz.	Refraction.
0°	0′ 0″	50°	1′ 9″
5	5	55	23
10	10	60	40
15	16	65	2 4
20	21	70	38
25	27	75	3 33
30	33	80	5 18
35	41	85	9 50
40	49	90	33 —
45	58		

*) Der höchste, bisher bekannte Berg der Erde (indisch Gaurichanka, thibetanisch Tschingopamari, von Oberst Waugh Mount Everest genannt) im Himalaya steigt nahe 27200 P. F. hoch, und die grösste Höhe, die je ein Luftfahrer erreichte, ist die von Glaisher und Coxwell im J. 1862, etwa 30000 Par. Fuss. Diese Höhen sind viel zu gering, um dadurch über die Constitution der obersten Schichten unserer Atmosphäre entscheidende Resultate zu erhalten. Auf einem Erdglobus von 12 Zoll im Durchmesser würde letztere Höhe nur den hundertsten Theil eines Zolls oder den zehnten Theil einer Linie geben. Noch geringer sind die Tiefen unter der Oberfläche der Erde, zu denen wir bisher gekommen sind, von denen die grösste in Europa (Mondorf) nur 2247 Par. Fuss beträgt. Wir kennen also von dem, was über und unter der Oberfläche der Erde ist, kaum so viel, als auf jenem

Es wird genügen, noch folgende Eigenschaften der Refraction zu bemerken: 1) Für Sterne im Zenith des Beobachters verschwindet die Refraction. 2) Je grösser die Zenithdistanz des Sterns ist, desto grösser ist auch die Refraction, bis sie endlich, für Sterne, die im Horizonte erscheinen, am grössten ist, und dann nahe 0° 33′ beträgt. 3) Von der Entfernung der Gestirne ist sie ganz unabhängig, weil sie alle weit ausser unserer Atmosphäre liegen und die Refraction nur durch die letzte bedingt wird. 4) Bis zur scheinbaren Zenithdistanz von 70 Graden lässt sich die Refraction noch genau genug durch das Produkt von 57.7 Sekunden in die Tangente der scheinbaren Zenithdistanz darstellen, aber für weiter vom Zenithe entfernte Sterne ist der Ausdruck für die Refraction mehr zusammengesetzt. 5) Endlich ändert sich die Refraction mit dem Zustande der Atmosphäre, besonders wenn die Dichte oder die Temperatur derselben sich ändert, daher man noch zwei Correctionen an die Refraction anbringt, deren erste von dem Barometer und deren zweite von dem Thermometer abhängt, wesshalb obige Tafel nur für einen gewissen Zustand der Atmosphäre (Bar. 28 Par. Zolle, Therm. + 10° Réaum.) streng richtig ist.

§. 184. (Horizontalrefraction.) Wenn ein Gegenstand, z. B. die Sonne *A* (Fig. 38), noch unter dem Horizonte *BH* des Beobachters in *B* ist und also für denselben unsichtbar sein sollte, so wird der von ihr ausgehende Lichtstrahl *Aa*, sobald er die Atmosphäre in *a* trifft, dieselbe in einer krummen Linie *aB* durchlaufen, und der Beobachter wird die Sonne in der Richtung der letzten Tangente dieser Curve, d. h. in der Höhe *HBA′* über seinem Horizonte erblicken. Diess ist die Ursache, warum für alle Orte der Erde die Sonne früher auf- und später unterzugehen scheint, als sie in der That durch den Horizont dieser Orte geht. Durch die Refraction werden also die Tage verlängert. Diese Verlängerung ist besonders für die Gegenden innerhalb der Polarkreise sehr wohlthätig, wo die Sonne noch mehrere Tage, ja Wochen über dem Horizonte gesehen wird, wenn sie gleich schon in der That unter ihm steht, und die lange Nacht dieser kalten Zonen bereits eingetreten sein sollte.

Die starke Refraction am Horizonte ist die Ursache der auffallenden Gestalt der Sonne und des Mondes bei dem Auf- oder Untergange dieser Himmelskörper, wo sie an ihrem oberen und noch mehr an ihrem unteren Rande stark abgeplattet erscheinen. Wenn die Sonne eben ganz aufgegangen ist und ihr unterer Rand noch im Horizonte steht, so wird derselbe durch die Horizontalrefraction um 33′ erhöht (§. 183). Der obere Rand aber, der bereits eine Höhe von 32′ über dem Horizonte hat, leidet durch die Refraction nur eine Erhöhung von 28′, so dass daher der höchste und tiefste Punkt der Sonne einander um volle fünf Minuten näher gebracht werden, während der östliche und westliche Punkt des Sonnenrandes durch die Refraction gleichmässig erhöht und daher diese Punkte in ihrer Entfernung von einander nicht verändert werden.

Diese Horizontalrefraction ist auch der Grund, warum man bei

Globus die Dicke seines gewöhnlichen Ueberzuges von Papier ausmacht. Die grösste Höhe endlich, welche unsere feinsten Wolken noch erreichen können, scheint nicht über 49000 Par. Fuss oder zwei d. Meilen zu steigen.

solchen Mondesfinsternissen, die am Horizonte statthaben, den Mond sowohl, als auch die Sonne über dem Horizonte sieht, obschon diese beiden Himmelskörper zu jener Zeit um volle 180 Grade von einander entfernt sein müssen.

Uebrigens erscheinen uns die Gestirne, wenn sie nahe am Horizonte stehen, in ihrem Lichte sehr geschwächt, so dass wir z. B. die Sonne bei ihrem Auf- und Untergange ohne Schmerzen betrachten können, während sie um Mittag unsere Augen blendet. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, dass die Sonne, wenn sie in der Nähe des Horizontes, in A (Fig. 38) ist, ihre Strahlen durch den Weg aB in der Atmosphäre schickt, während dieselben, bei einer grösseren Höhe der Sonne z. B. in S, durch den Weg sB gehen. Jener Weg ist aber bedeutend länger als dieser, und er geht überdiess durch einen grösseren Raum der unteren, der Erde näheren und daher dichteren Luftschichten, wodurch das Licht der Sonne sehr geschwächt wird. Nach Bouguer hat man für die Stärke des Lichtes der Himmelskörper, wenn man sie ausser unserer Atmosphäre gleich der Einheit setzt, für

die Zenithdistanz von 0^0 . .	20^0	40^0	60^0	70^0	80^0	90^0
	0.81	0.80	0.76	0.66	0.55	0.31 0.001,

so dass die Lichtstärke der Sonne am Horizonte über 810mal schwächer ist, als im Zenithe.

Diese Schwächung des Lichtes durch die dichteren Schichten der Atmosphäre in der Nähe der Oberfläche der Erde ist auch mit die Ursache, warum man die Sonne und den Mond bei ihrem Auf- oder Untergange so viel grösser sieht, als wenn sie hoch am Himmel stehen. Wir sind durch die irdischen Objecte gewöhnt, die matter beleuchteten auch für die weiter entfernten zu halten, und tragen dieselbe Erfahrung auch, obschon mit Unrecht, auf die Gestirne über. Der Mond erscheint dem Auge im Allgemeinen immer von derselben Grösse, aber da unser Urtheil ihn, in der Nähe des Horizontes, weiter von uns setzt, so werden wir veranlasst, ihn hier für grösser zu halten, in welcher Ansicht wir auch durch die vielen Zwischenobjecte, Häuser, Bäume, Berge u. f. bestärkt werden, die wir zwischen uns und dem Monde, wenn er sehr tief steht, bemerken, während diese, bei einem höheren Stande des Mondes, uns verlassen, und wir an ihnen gleichsam die Distanz des Mondes von uns nicht mehr abmessen können. Aus derselben Ursache scheinen uns auch die helleren Gestirne grösser und näher zu sein, als die anderen. Jupiter z. B., wenn er nahe bei Mars steht, erscheint uns wohl viermal grösser, als Mars, obschon er in der That nur doppelt so gross erscheinen sollte. Dazu kommt noch, dass stark leuchtende Gegenstände, vielleicht wegen einer Unvollkommenheit in dem Bau des Auges, mit einem parasitischen Lichte, mit einem eigenen Zerstreuungskreise der Lichtstrahlen umgeben sind, wodurch sie uns desto grösser erscheinen, je heller sie beleuchtet sind. In guten Fernröhren fällt dieses falsche Licht ganz weg, daher wir durch dieselben die Fixsterne unter viel kleinerem Durchmesser sehen, als mit freien Augen, worüber man die mit diesen optischen Täuschungen unbekannten Gäste auf den Sternwarten sich oft genug verwundern hört, da sie erwarteten, alle Gestirne durch das Fernrohr viel grösser als mit freien Augen zu sehen. Nach Jurin's Versuchen sieht ein sonst gesundes Auge den Durchmesser Jupiter's nahe siebenmal, und den der Venus zwölfmal grösser als sie

ohne diese Irradiation der Lichtstrahlen in unserem Auge erscheinen würden. Die Fixsterne der ersten Grösse sehen wir mit freiem Auge unter einem Durchmesser von drei bis vier Minuten, während sie in ganz fehlerfreien Telescōpen noch nicht eine einzige Sekunde betragen. Und doch wird Niemand, der nur mit einiger Aufmerksamkeit durch ein Telescop gesehen hat, behaupten wollen, dass dadurch die Gegenstände nicht grösser und zugleich viel schärfer gesehen werden, da er z. B. einander nahe Sterne, die für das freie Auge nur einen Lichtpunkt gaben, durch das Fernrohr doppelt und durch grosse Zwischenräume getrennt sieht, und neben ihnen noch eine Menge anderer Sterne erblickt, die er früher gar nicht bemerken konnte.

Aus derselben Ursache scheint uns auch die beleuchtete Sichel des Mondes einer viel grösseren Kugel anzugehören, als die von ihr eingeschlossene dunkle, die man bald nach dem Neumond noch zu sehen pflegt (§. 162), so wie auch bei den Finsternissen der Sonne und des Mondes der noch übrige helle Theil immer viel grösser erscheint, als er durch unmittelbare Messung gefunden wird.

Mit der erwähnten scheinbaren grösseren Entfernung der Gestirne am Horizonte steht auch die Gestalt des ganzen Himmelsgewölbes, wie sich dasselbe unserem Auge darstellt, in unmittelbarer Verbindung. Der Himmel erscheint uns nämlich nicht als eine Halbkugel, sondern als ein in seinen höheren Theilen sehr gedrücktes Gewölbe. Wenn wir z. B. den Mond genau in der Mitte zwischen Horizont und Zenith, also in der Höhe von 45° zu sehen glauben, und wenn wir dann diese Höhe mit irgend einem Instrumente wirklich messen, so finden wir, dass die wahre Höhe des Mondes nur 23°, also nur die Hälfte von derjenigen ist, die wir zuvor bloss nach dem Augenmasse geschätzt haben. Daraus folgt, wie man durch Rechnung zeigen kann, dass uns die Höhe des Himmelsgewölbes nur als ein $^3/_{10}$ Theil der Weite desselben erscheint. Ist also *ADBE* (Fig. 9) die Erde, und stellt der mit ihr concentrische Kreisbogen *LL'H* einen Theil des Himmelsgewölbes vor, dessen höchster Punkt *H* ist und dessen Basis von dem Horizonte *AL* des Beobachters in *A* gebildet wird, so wird diesem Beobachter, wenn ihm die horizontale Distanz *AL*, von ihm bis zu dem Himmel, z. B. gleich 10 Meilen erscheint, die verticale Entfernung *AH* nur drei Meilen zu betragen scheinen.

§. 185. (Terrestrische Refraction.) Aus dem Vorhergehenden folgt, dass der Lichtstrahl, wenn er von irgend einem Punkte zu einem anderen durch die Luft geht und dabei die concentrischen Schichten der Atmosphäre in einer schiefen Richtung durchschneidet, von diesen Schichten gebrochen wird und daher zwischen beiden Punkten eine krumme Linie beschreibt. Da dasselbe nicht bloss bei den Gegenständen des Himmels, die ausser der Atmosphäre sich befinden, sondern auch bei allen Körpern, die in dieser Atmosphäre selbst liegen, der Fall ist, so sehen wir auch alle irdischen Gegenstände, die Spitzen der Berge, Thürme u. f. nicht an der Stelle, an welcher sie unserem Auge in der That erscheinen würden, wenn die Erde nicht von Luft umgeben wäre. Den Unterschied dieser beiden Höhen nennt man die terrestrische Strahlenbrechung oder Refraction. Sie ist in den meisten Fällen, besonders wenn der Gegenstand näher bei dem Beobachter steht, viel geringer als die eigentliche astronomische Strahlenbrechung, aber doch

auch öfter beträchtlich genug, um bei genaueren Beobachtungen auf sie Rücksicht zu nehmen. Bei jener Refraction geht nämlich der Lichtstrahl von dem terrestrischen Objecte nur durch einen, meistens sehr geringen Theil der Atmosphäre, während er bei der astronomischen Refraction den ganzen Weg von einer Grenze der Atmosphäre bis zur anderen zurücklegt. Schon daraus folgt, dass die terrestrische Refraction im Allgemeinen desto grösser ist je weiter das Object von dem Beobachter absteht. Für nicht gar zu grosse Distanzen nimmt man den Beobachtungen gemäss an, dass die terrestrische Refraction, in Sekunden ausgedrückt, gleich ist der Zahl 0.005 multiplicirt in die Anzahl P. Toisen, die zwischen dem Beobachter und dem terrestrischen Objecte enthalten sind. So ist für eine Distanz des Objects von 1000 Toisen oder 6000 Fuss die terrestrische Refraction gleich 5 Sekunden.

§. 186. (Dämmerung.) Wir haben oben (§. 184) gesehen, dass durch die Wirkung der Atmosphäre auf die Lichtstrahlen die Sonne noch einige Zeit über unserem Horizonte erscheint, wenn sie in der That schon unter demselben ist, wodurch die Dauer des Tages, vorzüglich in den höheren Breiten, bedeutend verlängert wird. Aber selbst dann, wenn die Sonne schon so tief steht, dass die Refraction sie nicht mehr bis zu dem Horizonte erheben kann, selbst dann verdanken wir derselben Atmosphäre noch wenigstens einen Theil des Sonnenlichtes, das die erste und letzte Grenze unserer Nächte erleuchtet, und unter der Benennung der Dämmerung allgemein bekannt ist. Diese Beleuchtung unserer Erde kommt zwar nicht mehr von dem directen, aber wohl von dem reflectirten Lichte der Sonne, nämlich von denjenigen Sonnenstrahlen, welche, von den höheren Theilen der Atmosphäre, von den Dünsten und Wolken, die noch nach dem Untergange oder schon vor dem Aufgange der Sonne von ihr beschienen werden, wie von einem Spiegel auf die Erde geworfen, den Anfang und das Ende unserer Nächte erleuchten.

Wenn die Sonne für einen Ort der Erde eben untergegangen ist, so sieht dieser Ort zwar die Sonne selbst nicht mehr, aber er sieht einen grossen Theil des westlichen Himmels, den die Sonnenstrahlen noch beleuchten und von dem diese Strahlen nach allen Seiten zurückgeworfen werden. Je mehr sich dieser Ort, durch die tägliche Bewegung der Erde, nach Osten dreht, oder je weiter er sich von der Sonne entfernt, ein desto grösserer Theil jener beleuchteten Stelle des westlichen Himmels verschwindet für ihn, weil er von der undurchsichtigen Erde in seinen unteren Theilen immer mehr und mehr bedeckt wird, bis endlich auch der höchste und schwächste Theil dieser Stelle sich dem Auge entzieht und jetzt erst die vollkommene Nacht über demselben einbricht.

Man nimmt gewöhnlich an, dass diese Dämmerung anfängt und aufhört, wenn die Sonne 18 Grade unter dem Horizonte steht. Für die Mitte Deutschlands hat sie ihre kürzeste Dauer von nahe zwei Stunden im Anfange des März und gegen die Mitte Octobers. Von der Mitte des Mai aber bis zu dem Ende des Julius dauert für uns diese Dämmerung beinahe die ganze Nacht durch, weil die Sonne während dieser Zeit selbst um Mitternacht kaum die Tiefe von 18 Graden unter dem Horizonte erreicht. In höheren Breiten ist die Dauer der Dämmerung viel grösser. Unter den Polen selbst werden der halbjährigen

Nacht, im Anfange sowohl, als am Ende derselben, nahe 50 Tage durch die Dämmerung entzogen, wodurch die eigentlich halbjährige Nacht auf 3 ½ Monate herabgebracht wird. Ueberhaupt aber kann man annehmen, dass wegen dieses Dämmerungsbogens von 18 Graden nicht mehr bloss 180 Grade von dem Umfange der Erde, sondern noch 36 Grade mehr, also 216 Grade dieses Umfanges von dem directen und reflectirten Sonnenlichte beleuchtet werden.

Von dieser astronomischen Dämmerung ist die sogenannte bürgerliche verschieden, die dann anfängt und endet, wenn man in mässig frei liegenden Wohnungen das Licht Abends anzuzünden oder Morgens auszulöschen pflegt. Man nimmt, ohne viel Genauigkeit, für diese Zeit die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte zu 7° 45′ an. Diese bürgerliche Dämmerung ist also viel kürzer als jene, und sie dauert für das mittlere Deutschland im März und October, wo sie am kürzesten ist, nur 40 Minuten, im höchsten Sommer aber oder in der Mitte des Junius nahe eine Stunde.

§. 187. (Allgemeine Reflexion der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre.) Wenn man einen Sonnenstrahl durch die enge Oeffnung eines Fensterladens in ein verschlossenes, finsteres Zimmer leitet, so sieht man denselben nicht bloss als einen lichten, goldenen Faden durch die ganze Länge des Zimmers gehen, sondern man bemerkt auch die um ihn liegenden Gegenstände in einem matten Lichte schimmern, so dass durch diesen einen Strahl das ganze Zimmer schwach beleuchtet erscheint, offenbar weil einzelne Theile des Lichtstrahls von der Luft, durch die er geht, zurückgeworfen und auf die benachbarten Gegenstände gebracht werden, von welchen sie wieder in unser Auge kommen. Dieselbe Erscheinung hat noch in einem viel höheren Grade für alle Theile der Erde Statt, die eben von der über ihrem Horizonte stehenden Sonne beschienen werden. Die Sonne bescheint diese Gegenstände auf der Erde, so wie die Atmosphäre und die in ihr enthaltenen Wolken und Dünste über der Erde, und diese zerstreuen das von der Sonne erhaltene Licht, wie zahllose Spiegel, nach allen Seiten, so dass gleichsam von jedem sichtbaren Punkte auf und über der Erde zu jedem andern sichtbaren Punkte die Strahlen des Lichtes sich nach allen Richtungen durchkreuzen. Das allgemein über uns verbreitete Licht, dessen wir uns während der Gegenwart der Sonne erfreuen, ist daher ein Phänomen, das im Grunde aus derselben Quelle, wie die eben betrachtete Morgen- und Abenddämmerung, entsteht. Wäre die Erde von keiner Atmosphäre umgeben, oder hätten die Elemente der Atmosphäre und der übrigen Körper nicht die Eigenschaft, das Licht nach allen Seiten wieder zurückzuwerfen, so würden wir auf der Erde nur diejenigen Gegenstände sehen, welche direct von der Sonne beschienen werden, und alle von den Sonnenstrahlen nicht unmittelbar getroffenen Körper würden in dem finstern Schatten der Nacht zu liegen scheinen; jede kleine Wolke, die zwischen der Sonne und uns vorüberzieht, würde uns sofort in die tiefste Dunkelheit der Mitternacht versetzen; die Fixsterne würden, ganz nahe an der Sonne, auch am Tage sichtbar sein; der Himmel selbst würde an allen sternfreien Stellen schwarz und finster erscheinen, und selbst unsere Wohnungen würden, sobald ihr Inneres nicht unmittelbar von dem Sonnenlichte getroffen wird, in nächtliche Finsterniss eingehüllt, und da endlich, ohne Atmosphäre, auch keine Dämmerung

mehr statthaben könnte, so würden wir nicht nur das schöne Schauspiel der Morgen- und Abendröthe entbehren, sondern auch unmittelbar nach der tiefsten Nacht die hellleuchtende Sonne, und eben so schnell nach dem Tage wieder die schwärzeste Nacht über uns einbrechen sehen, ein Zustand, der auf uns nicht anders als sehr nachtheilig einwirken könnte.

§. 188. (Präcession der Nachtgleichen.) Schon der bereits oben erwähnte Hipparch, der grösste unter den griechischen Astronomen, der gegen das J. 130 vor Chr. G. lebte, hatte bemerkt, dass die Länge der Sterne jährlich um nahe 50 Sekunden zunimmt, während die Breite derselben unverändert bleibt. Man hat diese Bewegung der Fixsterne die Präcession genannt (vergl. §. 113). Da diese Bewegung allen Sternen gemeinschaftlich ist, so schloss er daraus, dass sie ihre Ursache nicht in den Sternen selbst, sondern in dem Frühlingspunkte habe, und dass daher dieser Punkt es sei, der jährlich um die Grösse von 50″ rückwärts oder von Ost nach West, gegen die Ordnung der Zeichen (§. 53), gehe. Da aber dabei die Breite der Sterne unverändert bleibt, so kann auch die Lage der Ekliptik keine Aenderung leiden, und daher muss jene Zunahme der Länge der Sterne in einem Rückwärtsgehen des Aequators auf der festen Ebene der Ekliptik gesucht werden. Zwar behält diese Ebene der Ekliptik selbst nicht immer dieselbe Lage am Himmel, und wir haben bereits oben gesehen, dass sie dem Aequator jährlich um nahe 0.48 Sekunden näher tritt. Aber diese eigene Bewegung der Ekliptik ist erstens viel geringer, als jene des Aequators, sie entspringt auch zweitens aus einer ganz anderen Quelle, und sie ist endlich zwischen engen Grenzen eingeschlossen, so dass wir sie hier ohne merklichen Fehler ganz ausser Betrachtung lassen können. Nehmen wir daher an, dass die Schiefe der Ekliptik immer dieselbe und die Lage der Ekliptik am Himmel unverändert bleibt, so werden wir die Präcession dadurch vorstellen können, dass wir den Aequator VQ (Fig. 2) mit sich selbst parallel jährlich um 50″.2113 auf der festen Ekliptik VL rückwärts gehen lassen, wodurch also auch der Frühlingspunkt V in der Ekliptik jährlich um dieselbe Grösse von V in der Richtung VM rückwärts gehen, und daher die Länge aller Sterne in jedem Jahre um dieselbe Grösse wachsen wird.

Wenn aber die Schiefe der Ekliptik oder der Winkel LVQ constant ist, so ist auch die Entfernung NE des Pols N des Aequators von dem Pole E der Ekliptik constant, da diese Entfernung gleich jenem Winkel ist (Einl. §. 7). Da ferner der grösste Kreis, der durch die beiden Pole E und N dieser zwei Ebenen geht, immer senkrecht auf beiden Ebenen steht (Einl. §. 4), und da jener grösste Kreis diese beiden Ebenen immer in der Entfernung von 90 Graden von dem Durchschnitte V dieser Ebenen trifft (Einl. §. 7), so wird, wenn der Frühlingspunkt V in der festen Ekliptik LV um einen bestimmten Bogen gegen M fortgeht, auch der Pol N des Aequators um den festen Pol E der Ekliptik in der Richtung von N gegen N' einen Kreisbogen von derselben Anzahl Grade beschreiben. Wir können daher jene Veränderung der Länge der Sterne auch durch eine Bewegung des Poles N des Aequators darstellen, der um den festen Pol E der Ekliptik, als um einen Mittelpunkt, einen Kreis beschreibt, dessen Halbmesser gleich EN oder gleich der Schiefe der Ekliptik LVQ ist.

Während demnach durch die Präcession die Länge aller Sterne gleichförmig und jährlich um 50.2113 Sekunden wächst und dabei die Breite der Sterne ganz unverändert bleibt, weil die Schiefe der Ekliptik immer dieselbe ist, ändert sich die Rectascension sowohl als die Declination (Einl. §. 22) der Sterne, und zwar für jeden Stern auf eine andere Weise. Die Rectascension nimmt zwar, wenn auch nicht gleichförmig, doch ebenfalls bei allen Sternen zu, diejenigen ausgenommen, die zwischen dem Pole des Aequators und dem der Ekliptik liegen, für welche die Rectascension mit der Zeit immer abnimmt. Die Distanz der Sterne von dem Pole des Aequators aber nimmt für alle Sterne ab im *I.* und *IV.*, und zu im *II.* und *III.* Quadranten der Rectascension (vergl. §. 215).

Daher kommt es, dass jetzt mehrere Sterne am nördlichen Himmel für uns auf- und untergehen, die früher immer über dem Horizonte verweilten. So sagt z. B. Homer von dem »grossen Bären«, dass er sich »nie im Ocean bade«. Homer's Vaterland wird, in welche von den sieben Städten, die sich darum stritten, man es auch setzen mag, nicht viel unter oder über 38° nördl. geograph. Breite gehabt haben. Damit ein Stern sich in diesen Gegenden nicht im Ocean bade, d. h. nie untergehe, muss er also wenigstens 52° nördliche Declination haben. Angenommen nun, man habe zu Homer's Zeiten wie heute im gewöhnlichen Sprachgebrauche nur eben den durch die bekannten sieben glänzenden Sterne eingenommenen Raum als Sternbild des grossen Bären (siehe unser Planiglob) betrachtet, so ist doch heute selbst in dieser nördlichsten Gegend des Sternbildes der Stern η (an der Spitze des Schwanzes) schon so weit vom Pole entfernt (er hat 50° 0′ nördliche Declination), dass er keineswegs als circumpolar für Griechenland oder Kleinasien gelten kann, gar nicht davon zu sprechen, dass auch der Stern γ (Declination + 54° 28′) jener Constellation zu sehr an der Grenze liegt, um dessen beständige Sichtbarkeit so nah am Horizonte als eine allbekannte Sache hinstellen zu können, wie es der Dichter thut. Der »grosse Bär« entspricht also wenigstens heut zu Tage jenem Ausspruche Homer's nicht mehr, und wir können uns die Frage stellen, ob etwa die Präcession hieran Schuld habe. Nehmen wir im Durchschnittswerthe der verschiedenen darüber existirenden Hypothesen an, dass Homer 900 vor Chr. gelebt hat, und ziehen wir nebst der oben bereits gegebenen Declination auch die heutige Rectascension des genannten Sternes (205° 30′) in Betracht, so finden wir (siehe §. 215) die hundertjährige Präcession in Declination gleich — 30′, somit die Aenderung der Abweichung in 2756 Jahren gleich — 13° 47′, um welche die Declination des Sternes η im grossen Bären zu Homer's Zeiten grösser war als jetzt. Dieselbe betrug demnach 63° 47′, und dieser südlichste der sieben schönen Sterne des grossen Bären stand somit damals für jene Gegenden allerdings selbst in seiner tiefsten Stellung noch mehr als 11° oder über zwanzig Vollmondsdurchmesser über dem Horizonte.

Es können aber ebenso durch die Wirkungen der Präcession Sterne, die man einst in gewissen Gegenden der Erde wahrnahm, später für dieselben überhaupt unsichtbar werden. Die berühmte Constellation des Südlichen Kreuzes (Planiglob *II.*) war vor 5000 Jahren selbst in den nördlicheren Theilen Europa's zu sehen, während dieselbe jetzt erst etwa

von dem Parallel des alten Luxor an wahrgenommen wird. Dante hat im Purgatorio mit den Versen:

Jo mi volsi a man destra, e posi mente
All' altro polo, e vidi quattro stelle
Non viste mai fuorchè alla prima gente,

höchst wahrscheinlich jenes Sternbild gemeint, und ist dafür als Prophet ausgerufen worden, da er hier, wie man glaubte, Dinge geahnt, die uns erst viel später durch die grossen Entdeckungsreisen des 15ten und 16ten Jahrhunderts bekannt wurden. Der hellste und zugleich südlichste Stern im Kreuze steht aber heute bei 184° 42′ Rectascension und 62° 19′ südlicher Declination, nimmt also (§. 215) während eines Jahrhunderts um 33′ in südlicher Declination zu, und hatte zu Dante's Zeiten eine südliche Declination von etwa 59°. Da nun z. B. Alexandrien in der geographischen Breite von 31° 13′ oder unter der Aequatorhöhe von 58° 47′ liegt, somit schon in dieser Stadt, besonders wenn man die ausserordentliche Klarheit des dortigen Himmels und die Wirkung der Refraction bedenkt, das Südliche Kreuz zu Dante's Zeiten sehr wohl bekannt sein konnte und er notorisch mit orientalischen Reisenden viel verkehrte, so liegt die von A. v. Humboldt geäusserte Vermuthung, Dante habe eben Nachricht gehabt von der Sichtbarkeit jenes glänzenden Sternbildes in südlichen Breiten, sehr nahe. Uns scheinen, beiläufig gesagt, die Worte: *all' altro polo*, so wie die den obigen folgenden Verse:

Oh settentrional vedovo sito,
Poichè privato sei di mirar quelle,

darüber kaum einen Zweifel übrig zu lassen. Ja wir gehen noch weiter, und möchten die Worte: *Non viste mai fuorchè alla prima gente* dahin deuten, dass Dante aus seiner Bekanntschaft mit der Astronomie der Araber, dieser Conservatoren der naturwissenschaftlichen Bildung des Alterthums, einen klaren Begriff von der Präcession der Nachtgleichen geschöpft, und hier auf diese Erscheinung angespielt habe.

§. 189. (Scheinbare Verrückung des Thierkreises durch die Präcession.) Durch die Wirkung der Präcession geht der Frühlingspunkt, also auch der Herbstpunkt, in jedem Jahrhundert um 1.3947 Grade rückwärts, wodurch daher die Länge aller Sterne mit der Zeit sehr verändert wird. So fand Hipparch i. J. 130 vor Chr. die Länge der Spica oder der Kornähre in dem Sternbilde der Jungfrau gleich 174°. Von jener Zeit bis zum Jahre 1863 sind 1993 Jahre verflossen, in welchen die Länge dieses Sterns um 27°.8 zugenommen hat, so dass sie jetzt 201°.8 beträgt. Um eben so viel ist also in derselben Zeit auch die Länge aller anderen Sterne grösser geworden.

Die Sternbilder des Thierkreises (§. 53) und die Namen derselben wurden wahrscheinlich zu einer Zeit erfunden, wo diese Namen noch mit den Jahreszeiten im Zusammenhange standen. So hiess vielleicht der Widder, in dessen Vorderfüssen damals der Frühlingspunkt gestanden haben mag, dasjenige Zeichen, in welchem sich die Sonne über dem Aequator zu erheben anfängt. Der Löwe, in dem die Sonne zur Zeit des höchsten Sommers erschien, sollte wohl die grössere Hitze dieser Jahreszeit, die Wage die Gleichheit des Tages und der Nacht zur Zeit des Herbstäquinoctiums bezeichnen u. dgl. Diese Bedeutung der zwölf Himmelszeichen kann aber jetzt nicht mehr gelten, wo sie alle, durch

die Präcession, um beinahe 30 Grade vorgerückt sind, so dass jetzt der Frühlingspunkt im östlichen Ende des westlichen Fisches und der Herbstpunkt auf der südlichen Schulter der Jungfrau steht. Wenn daher die älteren Astronomen die Länge der Sterne durch diese Himmelszeichen angaben und z. B. für einen Stern, dessen Länge 100 Grade betrug, sagten, dass er in der Mitte des Krebses stehe, oder dass seine Länge z. B. ♋ 10^0 sei, so war diess dem damaligen Stande des Himmels ganz angemessen. Wenn aber diese Sprache auch jetzt noch von einigen Astronomen oder wenigstens in unseren Kalendern beibehalten wird, so ist sie ganz unzweckmässig und sollte daher nicht weiter angewendet werden, da sie nur zu Irrungen Anlass geben kann. So liest man in unseren Kalendern und selbst noch in manchen astronomischen Ephemeriden, dass der Mond an einem gewissen Tage Mittags z. B. die Länge 10^0♉ oder 10 Grade im Stier habe. Diess bezieht sich aber nur auf das alte Zeichen des ♉ oder auf denjenigen Raum im Thierkreise, den der Stier ehemals eingenommen hat, und man muss daher jetzt den Mond für jene Zeit nicht mehr im Sternbilde des Stiers, sondern vielmehr in dem des Widders am Himmel suchen. Diese Zweideutigkeit wird vermieden, wenn man, statt mit jenem veralteten Ausdrucke 10^0♉, mit dem neueren sagt, dass die Länge des Mondes 40 Grade habe. Es wäre übrigens interessant, sehr alte Zeichnungen des Himmels oder Sternkarten mit der Ekliptik zu besitzen, um daraus, nicht sowohl den Stand des Himmels zu jener Zeit, den uns die gegenwärtige Kenntniss der Präcession mit hinlänglicher Genauigkeit gibt, als vielmehr die Epoche abzuleiten, zu welcher jene Karten verfertiget worden sind. So stand z. B. um das Jahr 320 vor Chr. die Brust des Widders im Frühlingspunkte, im Jahre 2470 vor unserer Zeitrechnung nahmen die Hyaden im Stier, im Jahre 4620 das westliche Ende der Zwillinge und im Jahre 6770 die Mitte des Krebses den Frühlingspunkt ein. Im Gegentheile wird er in der Folgezeit um das Jahr 4000 nach Chr. in der Mitte des Wassermannes, i. J. 6140 im Kopfe des Steinbocks und i. J. 8300 in der Spitze des Pfeils des Schützen sein.

§. 190. (Polarsterne für verschiedene Epochen.) Die Astronomen pflegen denjenigen unter den grösseren Sternen, der dem Nordpole des Aequators am nächsten steht, den Polarstern zu nennen. Sie geben ihm diesen Eigennamen, weil er durch diese seine Stellung am Himmel zu mehreren wichtigen Beobachtungen und Untersuchungen vorzüglich geschickt ist. Jetzt trägt diese Benennung der Stern α im kleinen Bären, dessen Rectascension nahe 17^0 und dessen Abstand von dem Pole des Aequators $1^0\ 30'$ ist. Dieser Abstand wird in den nächsten Jahrhunderten noch kleiner werden, weil wegen der Präcession der Pol N des Aequators (Fig. 2) sich diesem Sterne immer mehr nähert. Im J. 2100 aber wird dieser Pol am nächsten bei ihm sein, und dann nur mehr 28 Minuten von ihm abstehen. Nach dieser Zeit wird der Pol N sich wieder von ihm entfernen, um sich anderen Sternen zu nähern, die dann einen grösseren Anspruch auf die Benennung des Polarsterns machen werden. Zur Zeit Hipparch's war er noch gegen zwölf Grade von dem Pole N entfernt und verdiente daher damals diesen Namen noch gar nicht. Um diejenigen Sterne zu finden, denen in verschiedenen Epochen der Pol des Aequators am nächsten steht, wird man auf einer Sternkarte um den Pol der Ekliptik einen Kreis mit dem Halbmesser von $23^0\ 28'$ ziehen,

und so die Sterne erkennen, durch welche der Pol des Aequators nach und nach geht. Genauer noch wird man für die verschiedenen Epochen die Halbmesser dieser Kreise dahin verändern, dass sie die Schiefe der Ekliptik für jene Epoche (§. 50) vorstellen. Auf diese Weise findet man, dass gegen das Jahr 2700 vor Chr. der Stern α im Drachen der Polarstern war, und dass im Jahr 4100 nach Chr. der Stern γ Cepheus, dann α Cepheus, später α Schwan oder Deneb, und endlich gegen das J. 14000 nach Chr. α Leier oder Atair auf diese Benennung Anspruch machen wird, da dann der letzte Stern, der jetzt noch 51 Grade von dem Weltpole absteht, nur mehr nahe 5 Grade von ihm entfernt sein wird.

Wenn man die jährliche Präcession von 0°.013947 für alle Jahre gleich gross annimmt, so würde daraus folgen, dass die Pole des Aequators ihren ganzen Umlauf um die Pole der Ekliptik in 25812 Jahren vollenden, welche Periode einige Chronologen das platonische Jahr genannt haben. Allein diese Voraussetzung ist nicht ganz richtig, da die Grösse der Präcession mit der Zeit selbst sich ändert und da sie überhaupt noch nicht mit der Genauigkeit bekannt ist, um sie auf so entfernte Zeiten mit Sicherheit fortführen zu können.

§. 191. (Nutation.) Eigentlich wird durch die in §. 190 erwähnte Bewegung des Poles des Aequators in einem Kreise, dessen Mittelpunkt der Pol der Ekliptik ist, noch nicht die ganze Ortsveränderung jenes Poles an der Sphäre des Himmels, sondern nur der vorzüglichste Theil derselben oder die Erscheinung im Grossen dargestellt. Genauere Beobachtungen haben uns nämlich gelehrt, dass der Pol des Aequators in jenem Kreise zwar im Allgemeinen mit der Zeit immer weiter zurückgeht, dass er aber nicht immer in der Peripherie dieses Kreises bleibt, sondern sich dem Mittelpunkte desselben bald nähert, bald wieder etwas davon entfernt, und dass er auch nicht immer um dieselbe Grösse rückwärts schreitet. Jene Annäherung und Entfernung kann bis neun, und diese Aenderung des Rückwärtsschreitens achtzehn Sekunden betragen. Aber beide Unregelmässigkeiten sind in die enge Periode von neunzehn Jahren eingeschlossen, nach welchen sie sich immer wieder in der alten Ordnung wiederholen. Man nennt sie die N u t a t i o n oder das Wanken der Erdaxe. Man kann sie dadurch vorstellen, dass man den Pol des Aequators binnen 19 Jahren in der Peripherie einer kleinen Ellipse herumgehen lässt, deren Mittelpunkt auf jenem Kreise in jedem Jahre 50″.21 rückwärts schreitet, und deren grosse Axe gegen den Pol der Ekliptik gerichtet ist. Die grosse Axe dieser Ellipse beträgt 19 und die kleine 14 Sekunden. Die Wirkung dieser zusammengesetzten Bewegung des Pols ist ein immerwährendes Verändern der Länge sowohl, als auch der Rectascension und der Declination der Sterne, während die Breite immer dieselbe bleibt. Allein am Ende jener Periode von 19 Jahren verschwinden oder vielmehr wiederholen sich die Anomalieen der Nutation, während die der Präcession mit den Jahrhunderten ohne Ende fortgehen. Die Astronomen, für welche die genaue Kenntniss der Lage der Fixsterne für jede gegebene Zeit von der grössten Wichtigkeit ist, haben alle diese Aenderungen derselben mit Sorgfalt bestimmt und in Tafeln gebracht, von welchen am Schlusse dieser Abtheilung die wichtigste mitgetheilt wird. Wir werden in der Folge wieder auf diese Erscheinungen zurückkommen und die Quellen aufsuchen, aus welchen

sie entspringen. Hier bemerken wir nur noch, dass wir von der Präcession schon oben (§. 113 und 120) bei Bestimmung der tropischen Umlaufszeiten der Erde und der Planeten Gebrauch gemacht haben.

§. 192. (Gemeinschaftliche Folgen der Präcession und der Nutation.) Wollen wir uns nun die Phänomene der Präcession und Nutation bildlich darstellen, so werden wir annehmen, dass der Aequator *AVQ* (Fig. 2) auf der festen Ekliptik *MVL* sich rückwärts oder von *V* nach *V'* bewegt, wodurch also der Frühlingspunkt, der gegenwärtig in *V* ist, nach tausend Jahren z. B. in *V'* und nach neuen tausend Jahren in *V''* sein wird, wobei der Winkel *QVL* beider Ebenen oder die Schiefe der Ekliptik unverändert bleibt. Dieser gleichförmige Rückgang des Frühlingspunktes heisst die Präcession. Die Nutation aber, die gleichsam als eine Störung der Präcession betrachtet werden kann, ist Ursache, dass diese gleichförmige Bewegung des Punktes *V* kleine Verrückungen erfährt, die sich aber alle 19 Jahre wieder herstellen. Vermöge dieser Verrückungen geht der Punkt *V* bis 18 Sekunden vor- oder rückwärts von seinem ihm durch die Präcession angewiesenen mittleren Orte in der Ekliptik *ML*, und entfernt sich auch über oder unter diese Ekliptik bis auf 9 Sekunden. Demnach bewegt sich also der Punkt *V*, durch die Wirkung der Präcession und Nutation, in einer den Weg *VV'V''* .. umgebenden Schlangenlinie, und ganz eben so bewegt sich also auch (nach §. 188) der Pol *N* des Aequators um den ruhenden Pol *E* der Ekliptik, indem er, vermöge der Präcession, den Kreisbogen *NN'N''* zurücklegt, und indem er, vermöge der Nutation, um diesen Kreisbogen die in der erwähnten Figur verzeichnete Schlangenlinie beschreibt.

Diese doppelte Bewegung des Frühlingspunktes *V* auf der fixen Ekliptik, oder, was dasselbe ist, diese doppelte Bewegung des Pols *N* des Aequators um den fixen Pol *E* der Ekliptik kann aber offenbar keine Verschiebung der ganzen Himmelssphäre sein, die gleichsam alle an dieser Sphäre befestigten Fixsterne um den festen Pol der Ekliptik herumführt, da dieselbe Verrückung auch den beweglichen Gestirnen, dem Monde, der Sonne und allen Planeten gemein ist. Sie muss also ihren Grund in einer blossen Veränderung der Lage der Axe unserer Erde haben. In der That ist auch der Pol des Aequators am Himmel eben derjenige Punkt, in welchem unsere Erdaxe, wenn sie in's Unendliche verlängert wird, den Himmel trifft. Wir werden später sehen, dass die Erde sich nicht um eine feste, in ihrer Lage unveränderliche Axe dreht, sondern dass sie, gleich einem bewegten Kreisel, dessen Spitze auf einem horizontalen Tische einherrollt, eine in jedem Augenblicke veränderliche Axe hat, deren Endpunkt am Himmel die krumme Linie *NN'N''* beschreibt, und dass die Ursache davon in der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die an ihren Polen abgeplattete und um ihre Axe rotirende Erde liegt. Wäre unsere Erde eine vollkommene Kugel oder rotirte sie nicht, so würde die Präcession nicht existiren, und fiele die Bahn des Mondes mit der Ebene der Ekliptik zusammen, so würde auch die Nutation verschwinden. Jener Kreisel, bisher nur ein Spielzeug für Kinder, gibt, wenn er vollkommen gearbeitet ist, ein sehr getreues Bild der beiden erwähnten Erscheinungen, und er wird, so wie die Farben der Seifenblase, in der Hand des aufmerksamen Naturforschers ein interessantes und wichtiges Schauspiel. Auf diese Idee gestützt, hat Bohnenberger eine eigene kleine Maschine erfunden,

die er in einem kleinen Werkchen (Tübingen 1817) beschrieb, und wodurch die Phänomene der Präcession so sinnreich und deutlich dargestellt wurden, dass dieses Instrument, auf Anrathen Laplace's, in allen Centralschulen Frankreichs zum Unterrichte eingeführt worden ist.

Uebrigens darf man diese Aenderung der Erdaxe am Himmel nicht mit einer Aenderung dieser Axe im Innern der Erde verwechseln. Jene ist variabel, diese aber ist constant. Die Erdaxe geht immer durch dieselben Punkte der Erde, aber diese Axe dreht sich, sammt der Erde, durch welche sie gleichsam als eine feste Stange geht, um die Axe der Ekliptik, und trifft sonach, verlängert, in verschiedenen Zeiten auch verschiedene Punkte des Himmels. Dass aber diese Axe in der That immer durch dieselben Punkte der Erde geht, oder dass die irdischen Pole des Aequators, und also auch der irdische Aequator selbst, eine auf der Erde constante und unveränderliche Lage haben, folgt daraus, dass die Polhöhen oder die geographischen Breiten (Einl. §. 23) aller Orte der Erde, den Beobachtungen zu Folge, unveränderlich sind, da sie doch, wenn die Pole der Erde beweglich wären, sich ebenfalls verändern müssten. Auch würde, bei einer Bewegung des irdischen Aequators, das Gleichgewicht der die Erde bedeckenden Meere nicht mehr statthaben, wie dieses gegenwärtig der Fall ist, wo die Bewegung der Erdaxe durch dieselbe Bewegung der ganzen Masse der Erde begleitet wird.

Bemerken wir noch, dass durch die Wirkungen der Präcession und Nutation die Rectascension sowohl als auch die Declination der Fixsterne (Einl. §. 22), je nach der Lage dieser Sterne gegen die Pole, mannichfaltig geändert wird. Die Präcession der Declination kann bei manchen Sternen bis 20 Sekunden gehen, um welche sie sich jährlich von dem Aequator entfernen oder sich ihm nähern. Die jährliche Präcession in Rectascension aber ist, besonders für die den Polen näheren Sterne, oft viel grösser, für den Polarstern z. B. ist dieselbe über vier Minuten jährlich, also in einem Jahrhundert mehrere Grade, obschon dieser und alle anderen Fixsterne im Allgemeinen immer dieselbe Stelle des Himmels einnimmt. Man sieht daraus, dass es nicht genug ist, die Rectascension und Declination eines Sterns für irgend eine Zeit genau zu bestimmen, sondern dass man auch noch die Veränderungen kennen muss, welche die Lage dieser Sterne durch Präcession, durch Nutation und durch Aberration (Kap. *VI.*) erfährt, um die Rectascension und Declination derselben auch für jede andere Zeit angeben zu können. Die Astronomen nennen diess die scheinbare Position der Fixsterne, während die mittlere jene genannt wird, die statthaben würde, wenn die Nutation und Aberration nicht existirte.

§. 193. (**Anwendung der Präcession auf chronologische Untersuchungen.**) Wir haben bereits erwähnt, dass ältere Nachrichten von dem Zustande des Himmels uns über die Zeit, welcher diese Nachrichten angehören, belehren können. Es wird nicht unangenehm sein, einige Beispiele davon aufzuführen.

Ptolemäus erzählt uns in seinem Almagest, dass Eudox, ein Zeitgenosse Plato's, einen der grösseren Fixsterne sehr nahe bei dem Pole des Aequators gesehen habe. Da Plato nahe 350 Jahre vor Chr. lebte, so kann diess, wie aus dem Vorhergehenden folgt, nicht unser gegenwärtiger Polarstern oder α im kleinen Bären gewesen sein, der

damals noch sehr weit von dem Pole entfernt war. Betrachtet man den oben erwähnten, von dem Pole des Aequators vermöge der Präcession beschriebenen Kreis etwas genauer, so findet man nur einen einzigen Fixstern in jener Gegend des Himmels, der von bedeutender Grösse ist und in der Vorzeit nahe genug bei dem Pole gewesen sein kann. Es ist diess α im Drachen, dessen Rectascension im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts $209^0\,45'$ und dessen Declination $65^0\,20'$ war. Daraus findet man die Länge desselben für unsere Zeit (1850) gleich $155^0\,22'$. Wenn nun dieser Stern in der That zu jener Zeit sehr nahe bei dem Pole des Aequators war, so muss seine Länge nahe gleich 90^0 gewesen sein. Die Differenz dieser Länge von 65.367 Graden wird aber von der Präcession, die jährlich nur $0^0.013947$ beträgt, in 4687 Jahren zurückgelegt, so dass also dieser Stern um das Jahr 2837 vor Chr. dem Pole am nächsten gewesen sein muss. Da aber diese Epoche gegen 2487 Jahre vor Plato's Zeit fällt, so hat Eudox in jener Nachricht nicht denjenigen Zustand des Himmels beschrieben, wie er zu seiner Zeit war und für welche jener Stern schon weit von dem Pole entfernt sein musste, sondern er hat uns vielleicht nur eine mehr als zweitausend Jahre ältere Sage erzählt, die er von den Aegyptiern oder Chaldäern erhalten haben mag.

Laplace glaubt, dass die Bezeichnung und Benennung der Sternbilder des Thierkreises zu einer Zeit erfunden worden sei, wo der Steinbock, den man immer nur auf den höchsten Spitzen der Felsen erblickte, auch den höchsten Punkt der Ekliptik über dem Aequator eingenommen habe. In unseren Tagen ist er aber schon nahe 30 Grade über dem tiefsten Punkt der Ekliptik vorgerückt. Dann würde die Wage sehr zweckmässig in die Frühlingsnachtgleiche gekommen sein, und die meisten der übrigen Sternbilder des Thierkreises würden eine auffallende Verbindung mit der Agricultur und dem Klima von Aegypten zeigen. Die Differenz der Länge von 210 Graden aber, welche diese Annahme voraussetzt, wird von der jährlichen Präcession erst in 15050 Jahren beschrieben, und dadurch würde die Erfindung der Namen des Thierkreises über dreizehntausend Jahre vor dem Anfang unserer Zeitrechnung zurückfallen. Allein mit dieser Hypothese scheint unsere ganze Menschengeschichte in direktem Widerspruche zu sein, daher jene Ansicht, die weder auf einer bestimmten Nachricht, noch auf einer Beobachtung, sondern auf einer blossen Meinung beruht, nicht zugelassen werden kann.

Die Ruinen der alten Stadt Tentyris (Denderah) in Oberägypten zeichnen sich durch einen grossen Tempel aus, der sich ohne beträchtliche Zerstörungen erhalten hat. An dem Plafond des Porticus dieses Tempels sieht man die zwölf Figuren des Thierkreises in der Ordnung, in welcher sie von der Sonne durchlaufen werden. Dieser Thierkreis ist vor Jahren nach Paris gebracht und daselbst aufgestellt worden, wo er bald der Gegenstand der allgemeinen Aufmerksamkeit wurde. An der Spitze der Reihe dieser Figuren erblickt man das Sternbild des Löwen, der zuerst aus dem Thore des Tempels zu treten scheint. Man wollte daraus den Schluss ziehen, dass zur Zeit der Errichtung dieses Thierkreises die Sonne im Anfange des Jahres in diesem Zeichen des Löwen gewesen sei. Das Ruraljahr der alten Aegyptier begann aber mit dem Sommersolstitium, zu welcher Zeit der Nil austritt. Nimmt

man also, aus Mangel an näheren Nachrichten, die Mitte des Löwen für denjenigen Punkt an, in dem die Sonne im Anfange jenes Jahres war, so war das Solstitium zu jener Zeit volle 60 Grade weiter östlich, als es jetzt ist, und diess gibt einen Zeitraum von $\frac{60}{0.01395}$ oder von 4300 Jahren, so dass also jener Tempel gegen das Jahr 2450 vor Chr. G. erbaut worden wäre. Würde man aber den Anfang dieses Sternbildes für den entscheidenden Punkt nehmen, so hätte man nur 40 Grade für die Präcession, und die Erbauung des Tempels würde in das eilfte Jahrhundert vor Chr. oder in die Zeit von David fallen, in welcher auch der Tempel von Jerusalem erbaut worden ist. Biot, der sich mit diesem Gegenstande sorgfältig beschäftigte, wollte mit grosser Sicherheit gefunden haben, dass die Errichtung dieses Tempels in das Jahr 700 vor Chr., also kurz nach der Erbauung Roms fällt. Fourier setzt dafür die Zeit der Errichtung des Tempels zu Latopolis, des ältesten ägyptischen Gebäudes dieser Art, welches uns erhalten blieb, auf das Jahr 2500 vor Chr., und Dupuis sogar auf das Jahr 15000 vor unserer Zeitrechnung. Da letzterem aber später dieses Alter des Tempels selbst wieder unglaublich erschien, so fand er für gut anzunehmen, dass durch diesen Thierkreis nicht sowohl die Orte der Sonne zur Zeit der Solstitien, als vielmehr die ihr gegenüberstehenden Punkte dargestellt werden sollten, wodurch er jenes Alter um eine volle halbe Revolution der Aequinoctien oder um 13000 Jahre verminderte und die Entstehung des Tempels wieder auf das Jahr 2000 vor Chr. zurückbrachte. Champollion endlich und Letronne, welche diesen Thierkreis auf ganz andere und mehr kritische Weise untersuchten, kamen, besonders durch die griechischen Inschriften, die sie auf jenen Tempeln gefunden hatten, zu dem Resultate, dass diese religiösen Gebäude erst unter der Regierung Trajan's und seiner nächsten Nachfolger erbaut worden sein sollen. Auf ähnliche Resultate sind auch Visconti und Paravey gekommen, die sich zuletzt mit den alten Thierkreisen, die man in Denderah, Latopolis, Esne und auch in Palmyra, Cathay und in mehreren Städten Indiens gefunden hat, beschäftigt haben. Die grosse Verschiedenheit dieser Altersbestimmungen jener merkwürdigen Monumente der Vorzeit erregt den Verdacht, dass diese Denkmäler, über die man in J. J. Littrow's »Vermischte Schriften, Stuttgart 1846« Ausführlicheres findet, wohl nicht der Art sind, um aus ihnen selbst die Zeit ihrer Entstehung mit Sicherheit abzuleiten, und dass die meisten der eben angeführten Schlüsse auf Ansichten gebaut sind, die, bei dem Mangel aller anderen Hülfsmittel, weder eines strengen Beweises, noch auch einer Widerlegung fähig zu sein scheinen. Selbst wenn man aus der Construction dieser Bildnisse mit Gewissheit bestimmen könnte, unter welche Gestirne die Erbauer derselben die Nachtgleichen oder die Solstitien versetzt haben — aber wie weit ist man von dieser Bestimmung, über welche noch die grösste Ungewissheit herrscht, entfernt — selbst dann würde man über das Alter dieser Denkmäler keinen sicheren Ausspruch wagen können, da die bekannte Lust der Aegyptier und Indier, mit einem hohen Alterthume ihres Volkes zu prahlen, sie leicht verleiten konnte, durch diese Monumente nicht den zur Zeit der Erbauung jener Tempel bestandenen, sondern einen viel früheren, vielleicht ganz imaginären Zustand des Himmels darzustellen. So haben uns die Engländer

erst in unseren Tagen mit sehr alten Planetentafeln der Indier bekannt gemacht, die sämmtlich von einer Conjunction aller Planeten anfangen, welche um das Jahr 3100 vor Chr. G. beobachtet worden sein soll. Allein als man diese Tafeln, deren hohes Alterthum sie uns in der That ganz besonders merkwürdig gemacht hätte, näher untersuchte, fand man, dass sie eine andere, viel neuere Epoche voraussetzen, die in das Jahr 1491 nach Chr. G. fällt, und dass man, wenn man mit dieser Epoche und mit den mittleren Bewegungen dieser indischen Tafeln rückwärts rechnet, allerdings jene allgemeine Conjunction der Planeten findet, die aber demungeachtet nicht stattgehabt hat, weil unsere neuesten europäischen Tafeln, welche jene indischen an Vollkommenheit weit hinter sich zurücklassen, dieser Conjunction gänzlich widersprechen und dadurch zugleich zeigen, dass jene erste, altergraue Epoche nur eines der vielen Opfer war, welche die auf ihr hohes Alterthum stolzen Indier ihrer Eitelkeit zu bringen für gut gefunden haben.

Kapitel XIII.

Gebrauch des Himmels- und Erd-Globus, und der Sternkarten.

§. 194. (Vortheile dieser Instrumente.) Es wurde bereits oben (Einl. §. 30 und 31) die Einrichtung des Globus und die Art erklärt, wie man denselben orientiren, d. h. so stellen soll, dass er ein getreues Bild von der Lage des Himmels oder der Erde für jede gegebene Zeit und für jeden gegebenen Standpunkt des Beobachters auf der Oberfläche der Erde darstelle, so wie auch zugleich ebendaselbst erinnert worden ist, dass man, durch Hülfe eines solchen Instruments, eine grosse Anzahl von Aufgaben ohne Rechnung, zwar nicht ganz streng, aber doch sehr bequem auflösen und sich von den mannichfaltigen Erscheinungen des Himmels eine bildliche, eben dadurch sehr deutliche Anschauung erwerben kann.

Es wird daher, am Schlusse dieser ersten, ohnehin vielleicht zu sehr didactischen Abtheilung unserer astronomischen Unterhaltungen nicht unangemessen sein, die vorzüglichsten dieser Aufgaben hier kurz anzuzeigen und dadurch nicht nur eine, wie wir glauben, nützliche und selbst nothwendige Wiederholung des bisher Gesagten, sondern auch eine dem Leser vielleicht willkommene Versinnlichung der vorhergehenden Gegenstände einzuleiten, um dann mit um so leichterem Muthe zu der zweiten Abtheilung dieser Schrift überzugehen, der die viel einfachere und angenehmere beschreibende Astronomie enthalten soll. An jene Betrachtung des Globus wird sich schicklich anreihen eine Anweisung zum Gebrauche der Sternkarten.

Zur bequemen Uebersicht wollen wir die erwähnten Aufgaben einzeln und gesondert aufführen und zuerst diejenigen vornehmen, die den Himmelsglobus betreffen.

Gebrauch des Himmels-Globus.

§. 195. (Darstellung des Himmels, wie derselbe jedem Beobachter zu einer gegebenen Zeit erscheint.) Da zur Beantwortung dieser und der meisten anderen Fragen die Orientirung (Einl. §. 31) des Globus vorausgesetzt wird, so wollen wir diese zuerst noch einmal mit wenigen Worten anzeigen.

Man bewegt den metallenen Ring (den Meridian) des Globus sammt seiner Kugel in der horizontalen Fassung desselben so lange auf oder ab, bis der Nordpol des Aequators (oder die Mitte der Rose) eine Höhe über dem Horizonte des Globus erreicht, die der Polhöhe (d. h. der geographischen Breite) des Beobachters gleich ist, was man an der Eintheilung jenes Ringes erkennt. Dann dreht man die Kugel in dem so gestellten Ringe so lange um ihre Axe, bis der Punkt der Ekliptik, welcher die Länge der Sonne für diesen Tag anzeigt (oder auch, bis der Punkt des Aequators, welcher die Rectascension der Sonne für diesen Tag anzeigt), genau unter den Ring zu stehen kommt, und stellt dann den Zeiger der Rose auf seinen höchsten Punkt oder auf 12 Uhr.

Den genannten Punkt der Ekliptik oder des Aequators findet man am einfachsten durch die Tabelle des §. 53, jenen in der zweiten und diesen in der vierten vertikalen Columne derselben. Die Länge der Sonne ist auch gewöhnlich auf dem Horizont des Globus verzeichnet.

Nachdem man auf diese Weise zuerst den Ring in seinem Horizonte und dann die Kugel in ihrem Ring, sammt dem Zeiger der Rose, gestellt hat, setze man das ganze Instrument, sammt seinem Fussgestelle, so vor sich auf den Tisch, dass der Ring nahe in die Lage der Mittagslinie, die Rose nach Nord gekehrt, zu stehen kommt.

In dieser Stellung ist der Globus für die geographische Breite des Beobachters und für den gegebenen Tag des Jahrs, und zwar für den Mittag dieses Tages orientirt, d. h. alle Sternbilder des Himmels haben ganz dieselbe Lage, wie sie durch den Globus angedeutet wird, so dass, wenn man den Halbmesser des Globus, der von dem Mittelpunkte desselben z. B. durch den Polarstern oder durch irgend ein anderes Gestirn des Globus geht, verlängert, bis er die Fläche des Himmels trifft, er am Himmel durch denselben Stern gehen wird, durch dessen Bild am Globus er gegangen ist.

Dreht man dann den Globus von Ost nach West, bis z. B. der Zeiger der Rose auf 10 Uhr Abends steht, so stellt der Globus in dieser neuen Lage die Stellung des Himmels dar, wie er dem Beobachter an diesem Tage um 10 Uhr Abends erscheint und so fort für jede andere Stunde des Tages oder der Nacht.

Man sieht, wie leicht und sicher man auf diese Weise alle Sternbilder des Himmels, ohne weitere Anleitung, kennen lernen kann.

§. 196. (Die Circumpolarsterne zu finden.) Um die Circumpolarsterne (Einl. §. 26) zu finden, wird man die auf die gegebene geographische Breite des Beobachters gestellte Kugel des Globus rings um ihre Axe drehen und dabei, auf der Nordseite, sofort alle die Sterne erblicken, die bei jener Drehung der Kugel nicht unter den Horizont des Globus kommen, so wie auf der Südseite diejenigen, welche nie über diesen

Horizont gelangen. Hält man während dieser Drehung in den beiden Punkten, wo der Ring den Horizont schneidet, die Spitze eines Bleistifts an die Kugel, so beschreibt diese Spitze bei der Drehung der Kugel einen Kreis, der die nördlichen sowohl, als auch, auf der anderen Seite, die südlichen Circumpolarsterne sämmtlich umfasst.

§. 197. (Den Ort der Sonne und der anderen veränderlichen Gestirne für jede Zeit unter den Fixsternen anzugeben.) Für die Sonne ist es sehr leicht ihren Ort unter den Fixsternen anzugeben, da man, wie gesagt, ihre Länge für jeden Tag nur in der zweiten Columne der Tafel des §. 53 aufsuchen und dann diesen Ort der Sonne auf der Ekliptik des Globus bemerken kann. So findet man z. B. für den 1. Mai die Länge der Sonne gleich 40°.5, welchen Punkt der Ekliptik man auf dem Globus in der östlichen Hälfte des Sternbilds des Widders liegen sieht und ihn daher daselbst etwa mit einem Stückchen Wachs bezeichnen kann. Bringt man dann diesen Punkt, durch Drehung der Kugel, unter den Ring (oder unter den Meridian), so liest man auf dem Aequator die Rectascension der Sonne gleich 38°.0, und auf dem Ringe selbst die nördliche Declination derselben gleich 15°.0, welche beide Grössen übrigens auch schon für die Sonne durch die erwähnte Tafel selbst gegeben sind.

Ebenso wird man auch für jeden Planeten verfahren, wenn der Ort desselben aus irgend einer Ephemeride oder aus einem astronomischen Kalender gegeben ist. So findet man z. B., dass Jupiter am 1. Dec. 1836 im Mittag Wiens die geocentrische (von der Erde gesehene) Rectascension 140° 46′ und die nördliche Declination 16° 4′ habe. Bringt man daher den Punkt des Aequators, der zu 140° 46′ gehört, unter den Ring und bemerkt dann an der Eintheilung des Rings den zu 16° 4′ gehörenden Punkt, so sieht man, dass Jupiter an diesem Tage von der Erde in der nördlichen Vordertatze des grossen Löwen gesehen ward. Auf dieselbe Weise wird man den Ort jedes Gestirns am Globus bezeichnen, wenn man seine Rectascension und Declination für eine gegebene Zeit kennt.

§. 198. (Aus der Rectascension und Declination eines Gestirns die Länge und Breite desselben finden.) Um aus der Stellung eines Sterns gegen den Aequator die Lage desselben gegen die Ekliptik zu bestimmen, ist es vortheilhaft, einen eigenen Bogen von dünnem Metallblech zu haben, der nach dem Globus gekrümmt und gleich ihm in dieselben Grade eingetheilt ist. In Ermangelung desselben kann man auch einen solchen Bogen durch einen schmalen Streifen Papiers ersetzen, der sich, wenn er auf der Kugel ausgespannt wird, von selbst in einem grössten Kreis derselben krümmt.

Wenn nun, wie im vorhergehenden Beispiele, für Jupiter die Rectascension 140° 46′ und die nördliche Declination 16° 4′ gegeben und, nach §. 197, der Ort desselben auf dem Globus verzeichnet ist, so wird man den erwähnten Streifen durch diesen Ort und durch den Pol der Ekliptik legen, wodurch dieser Streifen eine auf der Ekliptik senkrechte Stellung erhält (Einl. §. 4). Dann wird also auch der Punkt der Ekliptik, wo sie von dem Streifen geschnitten wird, die Länge, und der Punkt des eingetheilten Streifens selbst, der auf den Ort des Planeten fällt, die Breite Jupiters bezeichnen. Man erhält in unserem Beispiele diese Länge gleich 131° 53′ und die nördliche Breite 0° 41′.

Ganz eben so wird man auch umgekehrt aus der gegebenen Länge

und Breite eines Gestirns die Rectascension und Declination desselben finden.

§. 199. (Den Auf- und Untergang und die Morgen- und Abendweite der Sonne finden.) Man orientire den Globus (nach §. 195) für die gegebene geographische Breite und für den gegebenen Jahrestag, und stelle den Zeiger der Rose auf 12 Uhr Mittag. Dann drehe man die Kugel nach Ost, bis der Punkt der Ekliptik, welchen an diesem Tage die Sonne einnimmt, in dem Horizonte steht, wo dann der Zeiger der Rose die Zeit des Aufgangs zeigt, und wo zugleich auf dem Horizonte des Globus die Entfernung des Punkts, bei welchem heute die Sonne aufgeht, von dem wahren Ostpunkt, d. h. die Morgenweite (§. 40) der Sonne für diesen Tag abgelesen werden kann. Ganz auf dieselbe Weise findet man auch, wenn man die Kugel nach West dreht, die Zeit des Untergangs und die Abendweite der Sonne. So erhält man für Wien am 1. Mai die Länge der Sonne 40⁰ 30′, den Aufgang 4^h 46^m, den Untergang 7^h 11^m und die Morgen- und Abendweite 21⁰ 30′.

§. 200. (Die Zeit der Culmination und des Auf- und Untergangs eines gegebenen Gestirns finden.) Man orientire den Globus, stelle den Zeiger auf 12 Uhr und suche den Ort des Gestirns (nach §. 197) auf dem Globus. Dreht man dann die Kugel, bis dieser Ort unter den Ring, auf der Ost- und Westseite unter den Horizont kommt, so zeigt die Rose für diese drei Stellungen der Kugel die Zeit der Culmination (Einl. §. 25) und die Zeit des Auf- und Untergangs des Gestirns. Die Summe der beiden letzten Zeiten gibt den Tagbogen (Einl. §. 24), und dieser von 24 Stunden subtrahirt den Nachtbogen des Gestirns. Am 11. Mai 1834 ist z. B. die Länge der Sonne 50⁰ 24′, zugleich ist die Rectascension des Mondes im Mittag 79⁰ 28′ und seine nördliche Declination 22⁰ 30′, also geht an diesem Tage der Mond um 2^h 6^m Nachmittags durch den Meridian, oder seine Culmination hat um 2^h 6^m statt, sein Aufgang aber für Wien um 6^h 24^m Morgens und sein Untergang um 10^h 38^m Abends.

§. 201. (Den cosmischen Auf- und Untergang der Sterne zu finden.) Der cosmische Auf- oder Untergang eines Fixsterns fällt, nach §. 39, auf diejenigen Tage des Jahrs, wo er mit der Sonne zugleich auf- und untergeht.

Um diese Tage für eine gegebene geographische Breite zu finden, bringe man den betreffenden Stern, durch Drehung der Kugel, in den östlichen Horizont des Globus und bemerke den Grad der Ekliptik, der zugleich mit dem Sterne auf der Ostseite in dem Horizonte steht. Dieser Grad in einer astronomischen Ephemeride oder in der Tafel des §. 53 nachgesucht, gibt den gesuchten Jahrestag des cosmischen Aufgangs des Sterns. Bemerkt man den Grad der Ekliptik, der zugleich mit dem Sterne, aber auf der Westseite, im Horizont steht, so gibt dieser Grad den Tag, an welchem der Stern achronisch aufgeht u. s. w.

§. 202. (Für jede Stunde die Höhe und das Azimut eines Sterns für einen gegebenen Beobachtungsort zu finden.) Nachdem man den Globus orientirt und den Zeiger auf 12 Uhr gestellt hat, drehe man die Kugel, bis die Rose die gegebene Stunde anzeigt. In dieser Lage der Kugel lege man den oben (§. 198) erwähnten Streifen so durch den gegebenen Stern, dass er zugleich durch den höchsten Punkt der Kugel (oder durch das Zenith des Beobachters, also senkrecht auf den Horizont) geht. Dann zeigt der Horizont des Globus das Azimut (Einl. §. 20) und der Streifen die Höhe (Einl. §. 10) des Sterns.

§. 203. (Für jede gegebene mittlere Zeit die Sternzeit zu finden.) Man orientire den Globus, stelle den Index der Rose auf 12 Uhr Mittags und drehe dann die Kugel, bis die Rose die gegebene mittlere Zeit anzeigt. Der Punkt des Aequators, der jetzt unter dem Ring (Meridian) steht, gibt die Sternzeit. Z. B. am 1. Mai um 4 Uhr Abends mittlerere Wiener Zeit findet man den erwähnten Punkt des Aequators gleich 98° 45′, und diess ist die sogenannte Rectascension des Zeniths, die nach Einl. §. 1 in Zeit verwandelt, $6^h\ 35^m$ als die gesuchte Sternzeit gibt.

§. 204. (Den Tag zu bestimmen, an welchem die Sonne zu einer gegebenen Zeit auf- oder untergeht.) Wenn z. B. gefragt wird, an welchem Tag die Sonne zu Wien um 5 Uhr untergeht, so stellt man den Globus auf die geographische Breite von Wien und bringt irgend einen Declinationskreis (Einl. §. 13) unter den Ring und den Zeiger auf 12 Uhr. Dann dreht man die Kugel gen West, bis der Zeiger der Rose auf 5 Uhr steht, und bemerkt den Punkt jenes Declinationskreises, der eben in dem Horizonte liegt. Wenn die Sonne die Declination dieses Punkts hat, so wird sie offenbar um 5 Uhr untergehen. Man drehe daher den Globus wieder zurück nach Ost, bis jener Punkt unter den Ring kommt, und lese auf dem Ringe die Declination dieses Punkts, die man gleich 12° 54′ südlich findet. Die Tafel des §. 53 zeigt dann, dass diese Declination zu dem 15. Februar und zu dem 28. October gehört.

Gebrauch des Erd-Globus.

§. 205. (Darstellung der Jahreszeiten und ihrer Erscheinungen durch den Erd-Globus.) Man stelle in einem verfinsterten Zimmer, in der Mitte eines runden, mässig grossen Tisches ein Licht auf, dessen Höhe über dem Tische nahe gleich dem Halbmesser des Globus ist. Dann führe man an dem Rande dieses Tisches die Kugel so um das Licht herum, dass erstens der Mittelpunkt der Kugel immer in der Ebene des Lichtes bleibt, und dass zweitens die Rotationsaxe der Kugel immer dieselbe Neigung, von nahe 66° 32′, beibehält und stets nach demselben Punkt des Himmels gerichtet oder sich selbst parallel bleibt. — Bei dieser Bewegung der Kugel wird man auf ihrer Oberfläche alle die Erscheinungen und in derselben Ordnung sich entwickeln sehen, welche die Folge der Jahreszeiten auf der Oberfläche der Erde begleiten. Es wird eine Stelle der Kugel am Rande des Tisches geben, bei welcher der Nordpol ihrer Drehungsaxe gerade zur Sonne hingerichtet ist, wie diess in der Fig. 24 bei *B* dargestellt ist, wo *p* den Nordpol des Aequators *a* bezeichnet. Wenn man in dieser Stellung die Kugel um ihre Axe *pq* dreht, so wird man sehen, dass der Nordpol *p* der Erde immer in der lichten, der Sonne zugewendeten Hälfte der Erde bleibt, während der Südpol *q* im Gegentheile die dunkle Nachtseite der Erde nie verlässt. Diess ist daher die Stellung der Erde zur Zeit unseres Sommers, in der Mitte des Junius. Man sieht dann auf dem Globus, während er um seine Axe gedreht wird, dass den Bewohnern der Umgegend des Nordpols für diese Zeit die Sonne gar nicht unter- und für die des Südpols nicht aufgeht; dass für die Bewohner der nördlichen Hemisphäre der Tag desto länger ist, als die Nacht, je weiter sie selbst von dem Aequator entfernt sind, oder je grösser ihre geographische Breite ist, und dass in der südlichen Hemisphäre das Gegentheil statthat u. s. f.

Lässt man dann die Kugel den vierten Theil ihres Weges um den

Tisch weiter gehen, so dass sie nun nach *C* kommt, so wird jetzt, da die Axe *pq* immer mit ihrer ersten Lage parallel bleibt, der Nord- und der Südpol der Erde in der Schattengrenze selbst liegen, und Tag und Nacht wird, in dieser Lage der Kugel, wenn sie wieder um ihre Axe *pq* gedreht wird, für alle Orte der Erde gleich gross sein, oder die Kugel wird die Stellung der Erde gegen die Sonne im Anfange des Herbstes unserer nördlichen Hemisphäre, in der Mitte des Septembers, darstellen.

Am Ende eines zweiten Viertheils des Umlaufs der Kugel wird sie in *D*, dem ersten Punkte *B* gegenüber, ankommen, und da hier der Nordpol *p* am meisten von der Sonne *S* weggekehrt ist, so wird derselbe, wie man auch die Kugel um ihre Axe drehen mag, immer in der Nachtseite der Erde, so wie der Südpol *q* immer in der Tagseite derselben liegen; den Bewohnern der Umgegend des Nordpols wird jetzt die Sonne längere Zeit nicht auf- und denen des Südpols nicht untergehen; die Tage der nördlichen Hemisphäre werden kürzer und die der südlichen länger sein, als die Nächte; jene Halbkugel wird daher (um die Mitte des Decembers) ihren Winter, und diese ihren Sommer haben.

Kommt weiter die Kugel auf ihrem Laufe um die Sonne, die hier von dem Lichte in der Mitte des Tisches dargestellt wird, nach *A*, gegenüber von *C*, so wird wieder, wie in *C*, die Schattengrenze durch die beiden Pole gehen, und Tag und Nacht werden auf der ganzen Erde gleich sein, wie diess im Frühling (gegen die Mitte März) der Fall ist.

Auf diese Weise wird man also durch den so bewegten Globus alle Erscheinungen der Jahreszeiten, die bereits oben (§. 82 u. f.) angegeben worden sind, im Kleinen deutlich darstellen und sich versinnlichen können.

§. 206. (Verhältniss der einzelnen Orte der Erde gegen einander.) Wenn man den Nordpol der Kugel so viel über den Horizont des Globus erhöht, als die nördliche geographische Breite eines Ortes z. B. von Wien beträgt, und wenn man dann diesen Ort unter den Ring (Meridian) des Globus führt, so nimmt derselbe den höchsten Punkt der Kugel ein, so wie auch jeder Bewohner der Erde glaubt, den höchsten Punkt derselben einzunehmen. In dieser Stellung des Globus übersieht man mit einem Blicke alle die Länder und Meere, die durch den wahren Horizont (Einl. §. 8) des Beobachters gehen, die denselben Parallelkreis (Einl. §. 24. *I.*) mit ihm bewohnen, seine Antipoden u. s. f. Will man die Entfernung zweier Orte — z. B. Wien und Paris — von einander finden, so wird man nur den oben (§. 198) erwähnten, in Grade getheilten Streifen durch die beiden Orte der Kugel legen und die Anzahl der zwischen ihnen enthaltenen Grade durch 15 multipliciren, um diese Entfernung in geographischen Meilen zu erhalten.

Die geographische Breite jedes Orts wird man, sobald man den Ort unter den Meridian des Globus geführt hat, an diesem Meridian ablesen. Die Differenz der geographischen Länge von zwei Orten aber wird man finden, wenn man einen nach dem andern durch den Meridian führt und im Augenblick ihres Durchgangs durch den Meridian den Zeiger der Rose abliest. Wenn dieser Zeiger z. B. für Paris $4^h\ 30^m$ und für Wien $5^h\ 26^m$ gab, so ist die geographische Länge Wiens von Paris gleich $0^h\ 56^m$ in Zeit oder $14^0\ 0'$ in Bogen, oder endlich, da man Paris im 20sten Grade der Länge von Ferro annimmt, so hat man für

die Länge Wiens von Ferro 34 Grade, woraus zugleich folgt, dass Wien zu jeder Zeit des Tages um $0^h\ 56^m$ mehr zählt, als Paris in demselben Augenblicke, weil Wien um eben so viel weiter gegen Osten liegt, als Paris. So findet man z. B. durch denselben Globus, dass die Längendifferenz zwischen Paris und Peking $7^h\ 36^m$ beträgt, so dass also auch Peking schon $7^h\ 36^m$ Abends in dem Augenblicke zählt, wo Paris eben Mittag hat.

§. 207. (Bestimmung des Auf- und Untergangs der Sonne durch einen Erd-Globus.) In Ermangelung eines Himmels-Globus kann man auch, mit einigen Veränderungen, die meisten der vorhergehenden astronomischen Aufgaben, die sich auf die Gestirne des Himmels beziehen, mit Hülfe eines Erd-Globus auflösen. Zu diesem Zwecke hat man auf den letzten gewöhnlich auch die Ekliptik verzeichnet, obschon dieselbe für einen Erd-Globus nicht angemessen ist und auch in der That leicht entbehrt werden kann, wie wir sogleich an dem folgenden Beispiele sehen werden.

Um den Ort der Sonne in ihrer Bahn für jeden gegebenen Tag des Jahres zu finden, kann man die Länge derselben entweder aus dem Horizonte des Globus nehmen, der zu diesem Zwecke eine eigene Tafel enthält, oder auch aus der schon öfter erwähnten Tabelle des §. 53. Ist nun die Ekliptik auf dem Erd-Globus verzeichnet, so nimmt man auf dieser Ekliptik den Punkt, der jener Sonnenlänge entspricht, und bringt ihn unter den Meridian, stellt den Zeiger auf 12 Uhr und den Nordpol des Aequators in die Höhe der geographischen Breite und verfährt dann mit dem Erd-Globus ganz so, wie oben §. 199 für den Himmels-Globus gesagt worden ist.

Man kann aber auch, ohne Hülfe der Ekliptik, auf folgende Weise verfahren. — Man sucht für den gegebenen Tag die Declination der Sonne aus der dritten Columne der Tafel des §. 53. Diese ist, in dem Beispiele des §. 199, für den 1. Mai gleich $15^0\ 0'$ nördlich. Nun drehe man die Kugel in ihrem Ringe, bis irgend ein Ort der Erde unter der auf diesem Ringe verzeichneten Declination von $15^0\ 0'$ steht, wie diess hier z. B. mit Goa in Ostindien der Fall ist. Man stellt also Goa unter den Ring, den Zeiger der Rose auf 12 und den Pol unter die geographische Breite von Wien, die gleich $48^0\ 12'$ ist. Dreht man dann den Globus gen Ost, bis Goa im Horizonte erscheint, so zeigt die Rose $4^h\ 46^m$ Morgens für die Zeit, zu welcher an diesem Tage in Wien die Sonne aufgeht, und in gleicher Art findet man, wenn man den Globus eben so weit gen West dreht, für den Untergang der Sonne in Wien $7^h\ 11^m$ Abends, wie oben §. 199.

Auf dieselbe Weise wird man auch mit den folgenden Aufgaben des §. 200, 201 verfahren, wenn man die Declination der Sonne und irgend eines anderen Gestirns sammt der Differenz ihrer Rectascensionen durch zwei willkürliche Punkte des Erd-Globus bezeichnet.

§. 208. (Wie die Erde zu jeder gegebenen Zeit von der Sonne beleuchtet wird.) Nehmen wir für diese Zeit den Mittag des 7. Novembers in Wien, für welche Zeit die südliche Declination der Sonne (nach §. 53) gleich $16^0\ 12'$ ist.

Man stelle nun den Nordpol, wenn die Declination der Sonne nördlich ist, oder den Südpol, wenn sie südlich ist, so viele Grade über den Horizont des Globus, als diese Declination beträgt (in unserem Beispiele wird also der Südpol in die Höhe von $16^0\ 12'$ gestellt), und

bringe Wien unter den Meridian und den Zeiger auf 12 Uhr. In dieser Lage der Kugel ist der mit der südlichen Declination 16° 12′ unter dem Ringe stehende Punkt der höchste der Kugel, und senkrecht über ihm stellt man sich die Sonne in unendlicher Entfernung vor. Die über dem Horizonte des Globus liegende Hälfte der Erde wird daher, in diesem Augenblicke, wo es in Wien Mittag ist, von der Sonne beschienen, während die andere, untere Hälfte Nacht hat. Alle Bewohner der Erde, die jetzt unter der oberen Hälfte des Ringes stehen, haben eben Mittag, denen in der Ostseite des Horizonts geht die Sonne eben unter, denen auf der Westseite auf, und die von der unteren Hälfte des Ringes bedeckt werden, haben Mitternacht. — Will man sehen, wie sich diese Beleuchtung der ganzen Erde in dem Augenblicke verhalte, wo es in Wien 6 Uhr Abends ist, so dreht man nur die Kugel des Globus gen West, bis die Rose 6 Uhr zeigt, und in dieser Lage haben alle Orte der Erde, die unter dem oberen Theile des Ringes liegen, eben Mittag, die im östlichen Horizonte Sonnenuntergang, die im westlichen Sonnenaufgang u. s. w. Dreht man die Kugel ganz um ihre Axe, so findet man alle die Orte, die nach und nach durch den Grad 16° 12′ der südlichen Declination des Ringes gehen (wie Porto Seguro und der Titicaca-See in Süd-Amerika, Otahaiti, die neuen Hebriden u. f.), und welche an diesem Tage in ihrem Mittag die Sonne im Zenithe sehen; alle diejenigen aber, die 10, 20, 30 .. Grade nördlich oder südlich von jenem Parallelkreise von 16° 12′ südlicher Breite wohnen, sehen in ihrem Mittage die Sonne 10, 20, 30 .. Grade vom Zenithe entfernt. Diejenigen Orte um den Nordpol, welche bei dieser Drehung der Kugel nicht über den Horizont herauf kommen, sehen die Sonne gar nicht und haben eben ihre lange Nacht, da die ganze nördliche Hemisphäre der Erde ihren Winter feiert; eben so geht für die Punkte um den Südpol, die bei der Drehung der Kugel nicht unter den Horizont gelangen, die Sonne nicht unter, da die südliche Halbkugel ihren Sommer hat u. s. w. Ferner erhält man durch diese Umdrehung der Kugel in dem Ringe sofort die Länge des Tages und der Nacht für dieselbe Zeit (den 7. November) an jedem gegebenen Orte der Erde. Legt man an dem erwähnten höchsten Punkt der Kugel oder des Ringes das eine Ende des in §. 198 angeführten Streifens an und dreht dann, für jede gegebene Wiener Zeit an der Rose, den Streifen um jenen Punkt im Kreise herum, so findet man alle die Orte der Erde, welche, zu jener Wiener Zeit, die Sonne 10, 20, 30 .. Grade von ihrem Zenithe entfernt sehen, indem nämlich diese Orte in die Peripherie derjenigen Kreise fallen, welche bei dieser Umdrehung des Streifens die einzelnen Theilstriche desselben auf der Oberfläche der Kugel beschreiben.

§. 209. **(Den längsten und kürzesten Tag eines Ortes zu finden.)** Sucht man z. B. den längsten Tag für Petersburg, so stelle man den Nordpol auf die geographische Breite (59° 56′) dieser Stadt, bringe sie unter den Ring, den Zeiger der Rose auf 12 Uhr, und bezeichne in dieser Lage der Kugel denjenigen Punkt derselben, der unter dem Theilstriche von 23° 28′ des Ringes steht. Bringt man dann diesen Punkt, durch Drehung der Kugel, in den östlichen und westlichen Horizont, so zeigt die Rose im ersten Falle $2^h\ 50^m$, und im zweiten $9^h\ 10^m$, oder die Sonne geht in Petersburg am längsten Tag um $2^h\ 50^m$ auf und um $9^h\ 10^m$ unter, so

dass die Dauer des längsten Tages im Sommer daselbst $18^h\ 20^m$ und der kürzeste Tag im Winter nur $5^h\ 40^m$ beträgt.

§. 210. (Zeitbestimmung durch Höhenbeobachtungen der Gestirne.) Man sieht, dass man mit Hülfe dieser Globen alle Aufgaben der Astronomie, von welchen wir bisher in dieser Schrift gesprochen haben, leicht auflösen und sinnlich darstellen kann, so lange sich dieselben nur auf die verschiedenen Kreise beziehen, welche die Gestirne am Himmel zu beschreiben scheinen. Eine der wichtigsten dieser Aufgaben ist die Bestimmung der Zeit, in welcher eine Beobachtung angestellt worden ist. — Der Geometer oder der Feldmesser begnügt sich, die Höhe des Thurmes oder die Distanz zweier Berggipfel mit der ihm möglichen Genauigkeit zu messen, und er bedarf auch in der That nicht mehr zu kennen, als die Winkel, welche diese Gegenstände in seinem Auge machen, da diese Winkel immer dieselben bleiben, wenn anders der Beobachter wieder denselben Standpunkt einnimmt. Nicht so ist es aber mit den Gegenständen des Himmels, wenn wir, um ihren Ort zu bestimmen, dieselben mit den Gegenständen unserer Erde vergleichen. Die Höhe, das Azimut, der Stundenwinkel dieser Gestirne ändert sich in jedem Augenblicke, und der Astronom, der z. B. die Höhe der Sonne oder irgend eines andern Gestirns, auch mit der grössten Schärfe, beobachtet, hat damit noch gar nichts, was er zu irgend einem Zwecke brauchen könnte, gethan, wenn er nicht auch zugleich die Zeit dieser Beobachtung mit derselben Schärfe anzugeben im Stande ist.

Diese Zeit soll nun, wie bekannt, durch unsere Uhren angegeben werden. Allein diese Uhren müssen, wenn sie zu diesem Zwecke brauchbar sein sollen, vor Allem gut gehen. Wie kann man aber erfahren, ob eine Uhr in der That gut und zwar so gut geht, dass man sich bei so genauen Untersuchungen auf sie verlassen kann?

Die Frage ist bereits oben (§. 154) beantwortet, und wird in der Folge (*IV.* Abth.) durch Beispiele umständlich erläutert, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten wollen. Wir bemerken nur, dass man an den angeführten Orten die Beobachtung der Culminationen zu diesem Zwecke angewendet hat, dass aber die Instrumente, mittelst welcher man diese Culminationen mit der hier oft nothwendigen Schärfe beobachten kann, selten und kostbar sind, dass man auch nicht immer Zeit und Gelegenheit hat, auf einander folgende Culminationen durch mehrere Tage zu beobachten, und z. B. bei ungünstiger Witterung oder auf der See darauf verzichten muss. Man war daher schon früh auf Mittel bedacht, statt dieser Beobachtungen andere, leichtere und solche zu substituiren, die man zu jeder Zeit und an jedem Orte bequem und sicher zugleich vornehmen kann.

Als solche zeigten sich nun vor Allem die Beobachtungen der Höhe der Gestirne. Ist S' (Fig. 2) die Sonne, Z das Zenith und N der Nordpol des Aequators, so zeigt schon der blosse Anblick der Zeichnung, dass zu jeder Höhe $S'R'$ der Sonne auch ein besonderer, ihr eigener Stundenwinkel ZNS' oder QQ' (Einl. §. 19) gehöre. Allein der Stundenwinkel der Sonne ist (nach dem angeführten Orte) gleichbedeutend mit der wahren Sonnenzeit (vergl. §. 152), also wird auch zu jeder Sonnenhöhe eine eigene Sonnenzeit gehören, und es muss daher ein Mittel geben, aus der bekannten Sonnenhöhe, die man z. B. mittelst des Qua-

dranten (§. 43) in jedem Augenblicke beobachten kann, die wahre Sonnenzeit abzuleiten.

Dieses Mittel ist die Rechnung. — In der That, wenn man die Höhe *S'R'* der Sonne kennt, so kennt man auch die Zenithdistanz *S'Z* derselben, da *S'Z* gleich 90° — *S'R'* ist. Die Poldistanz *S'N* der Sonne ist für jeden Augenblick ebenfalls bekannt (durch die Tafel des §. 53), so wie die Polhöhe *NH* oder die Aequatorhöhe *NZ*. Man kennt daher in dem sphärischen Dreiecke *NZS'* alle drei Seiten und wird daraus durch die schon oben (§. 53) angeführten Rechnungen der sphärischen Trigonometrie auch den einen Winkel *ZNS'* dieses Dreiecks, d. h. den Stundenwinkel der Sonne oder die wahre Zeit der Beobachtung bestimmen.

Da es aber gegen den Zweck dieser Blätter ist, in jene für die meisten Leser etwas verwickelten Rechnungen einzugehen, so wird es hinreichen, zu zeigen, wie sich diese Aufgabe durch den Globus auflösen lasse.

Gesetzt, man habe am 30. Juli Nachmittag mit einem Instrumente (§. 43), etwa mit Eble's Sextanten (*IV.* Abth.) zu Wien die Höhe des Mittelpunkts der Sonne gleich 29° 15′ zu einer Zeit gefunden, wo die Uhr 4^h 30^m gab. — Man bringe nun den Globus auf die Polhöhe von Wien (48° 12′), den Ort der Sonne (Länge 126°.36 nach §. 53) unter den Ring, und die Rose auf 12 Uhr. Dann drehe man die Kugel gen West, bis dieser Ort der Sonne (mittelst des oben §. 198 erwähnten Streifens zu messen) die Höhe von 29° 15′ über dem Horizonte des Globus erreicht. Wenn in dieser Lage die Rose 4^h 27^m zeigt, so ist die gesuchte wahre Zeit jener beobachteten Höhe 4^h 27^m und daher die Voreilung der Uhr gegen wahre Zeit in jenem Augenblicke gleich 3 Minuten.

Auf ähnliche, nur minder einfache Weise wird man zu demselben Zwecke sich auch der Fixsterne, statt der Sonne, bedienen. Um auch diess durch ein Beispiel zu erläutern, wollen wir die Beobachtung vornehmen, welche der berühmte Reisende Karstens Niebuhr am 11. October 1761 zu Alexandrien angestellt hat. Er fand daselbst mit seinem Quadranten in der Abendstunde, als seine Uhr 10^h 47^m 20^s zeigte, auf der Ostseite des Himmels die Höhe Aldebarans (eines Sterns der ersten Grösse im Stier) gleich 28° 34′. — Um daraus die Zeit dieser Beobachtung, oder, was dasselbe ist, die Correction der dabei gebrauchten Uhr zu finden, bringe man den Globus auf die Polhöhe von Alexandrien (31° 12′), den Ort der Sonne, deren Länge 197° 16′ war, unter den Ring und den Zeiger auf zwölf Uhr. Dann befestige man den obersten Endpunkt des oben (§. 198) erwähnten Streifens auf den höchsten Punkt der Kugel, und drehe diese Kugel gen West, bis Aldebaran auf der Ostseite des Himmels die Höhe von 28° 34′ über dem Horizonte des Globus erreicht. Da in dieser Lage der Kugel die Rose derselben 10^h 49^m zeigt, so ist diess zugleich die wahre Zeit (§. 155) der Beobachtung, und daher die Verspätung der Uhr gegen wahre Zeit in dem Augenblicke der Beobachtung 1^m 40^s.

Wie man aber, wenn man die wahre Zeit einer Beobachtung kennt, auch die mittlere und die Sternzeit derselben ableiten, und dadurch den Stand der Uhr gegen diese beiden letzteren Zeiten bestimmen kann, ist bereits oben (§. 155 und 157) gesagt worden.

§. 211. (Gebrauch des Aequators statt der Rose.) Die letzte und überhaupt alle vorhergehenden Auflösungen durch den Globus lassen sich allerdings nicht mit derjenigen Schärfe ausführen, die man mit den trigonometrischen Rechnungen erreichen kann. Da es aber doch häufig Fälle gibt, wo diese Genauigkeit nicht gefordert wird, und wo eine deutliche, anschauliche Darstellung der Sache, selbst dem Geübten, willkommen ist, so ist es selbst dem eigentlichen Astronomen nützlich, mit dem Gebrauche des Globus sich näher bekannt zu machen. Besonders misslich ist der Gebrauch der Rose, die auf den meisten Globen nur klein ist und auf der man oft zehn und mehr Zeitminuten nicht mehr mit Sicherheit angeben kann. Allein man kann diese Rose ganz entbehren, und statt derselben den Aequator der Kugel anwenden, der, als ein grösster und gewöhnlich gut eingetheilter Kreis dieser Kugel, eine viel höhere Schärfe gewährt, so dass man, bei den grösseren und mit Sorgfalt gearbeiteten Globen die Zeit damit bis auf drei oder vier Minuten genau bestimmen kann.

Um auch diess durch ein Beispiel deutlich zu machen, wollen wir den Globus für irgend einen Ort und Tag, z. B. für den 30. Juli um 9 Uhr Morgens Wiener Zeit, orientiren, so dass er mit dem Stand des Himmels zu dieser Zeit vollkommen übereinstimmt.

Oben (§. 195) haben wir diese Aufgabe auf folgende Weise aufgelöst: Man stelle den Globus auf die Polhöhe Wiens, bringe den Punkt der Ekliptik, der die Länge der Sonne anzeigt (hier $126^0\,36'$) unter den Ring und die Rose auf 12 Uhr. Dann drehe man die Kugel gen Ost, bis die Rose 9 Uhr Morgens gibt.

Statt dieser Vorschrift werden wir nun, mit grösserer Genauigkeit, folgende aufstellen: Man stelle den Globus auf die Polhöhe Wien's, und den Punkt des Aequators, den die Rectascension der Sonne anzeigt (hier $8^h\,36^m$ nach §. 53), unter den Ring, wodurch der Globus für den Mittag dieses Tages orientirt ist. Um ihn dann für 9 Uhr Morgens zu stellen, dreht man die Kugel gegen Ost, bis der mit $5^h\,36^m$ bezeichnete Punkt des Aequators unter den Ring kommt. Wollte man ihn aber z. B. für 10 Uhr Abends stellen, so wird man die Kugel gen West drehen, bis der mit $18^h\,36^m$ bezeichnete Punkt des Aequators unter den Ring kommt u. s. w. Legt man dann, in der letzten Lage des Globus, den oben (§. 198) erwähnten Streifen so an die Kugel, dass er durch den höchsten Punkt der Kugel (oder durch das Zenith des Beobachters) und durch ein bestimmtes Gestirn geht, so erhält man die Höhe dieses Gestirns, wie es am 30. Juli um 10 Uhr Abends in Wien erscheint, und auf eine ähnliche Weise wird man mit allen den früher angeführten Aufgaben verfahren.

§. 212. (Den Ort der Erde finden, der zu einer bestimmten Zeit ein gegebenes Gestirn in seinem Zenithe sieht.) Beschliessen wir diese Probleme mit einer Frage, deren Beantwortung durch Rechnung man sonst wohl für schwer gehalten hat, die sich aber, mit Hülfe eines Erd-Globus, wie man sehen wird, sehr leicht auflösen lässt.

Um auch hier, der grösseren Deutlichkeit wegen, sogleich einen speciellen Fall zu nehmen, wollen wir denjenigen Ort auf der Oberfläche der Erde suchen, der am 2. März um 12 Uhr Abends, Wiener Zeit, die Ziege (den grössten Stern im Sternbilde des Fuhrmannes) in seinem Zenithe sieht.

Bemerken wir zuerst, dass, wie man mit dem Himmels-Globus oder aus einem Sternkataloge finden kann, die Rectascension dieses Sterns 5^h 7^m und die nördliche Declination desselben 45^0 51′ beträgt.

Diess vorausgesetzt, suche man zuerst (durch den Himmels-Globus nach §. 200) die Zeit der Culmination dieses Sterns für den gegebenen Tag. Man findet diese Zeit 6^h 16^m. — Uebrigens lässt sich diese Zeit auch ohne Hülfe des Globus finden. Denn da die Rectascension des Sterns 5^h 7^m ist, so ist auch (§. 158) die Sternzeit seiner Culmination gleich 5^h 7^m, und daraus findet man sofort (durch die Tafel des §. 158) die mittlere Zeit seiner Culmination gleich 6^h 28^m. Die wahre Zeit aber ist (nach §. 155) nahe um 12 Minuten kleiner, als die mittlere, also ist auch die wahre Zeit der Culmination des Sterns gleich 6^h 16^m, wie zuvor, d. h. sie ist 5^h 44^m kleiner, als die gegebene Zeit, die gleich 12 Uhr war.

Diess vorausgesetzt, stelle man zweitens die Kugel des Erd-Globus so, dass Wien unter den Ring und die Rose auf 12 Uhr kommt, und drehe dann die Kugel gegen Ost um 5^h 44^m, so werden in dieser Lage der Kugel alle Orte der Erde, die jetzt unter dem Ringe liegen, 5^h 44^m weniger als Wien, oder sie werden 6^h 16^m Abends zählen, wenn Wien bereits 12 Uhr hat.

Sucht man endlich drittens auf dem eingetheilten Ringe denjenigen Punkt auf, welcher der nördlichen Declination des Sterns (45^0 51′) entspricht, so ist der unter ihm liegende Punkt der Kugel der gesuchte Ort der Erde, der um 12 Uhr Wiener Zeit die Ziege in seinem Zenithe hat. Dieser Ort liegt, wie der Erd-Globus zeigt, nahe in der Mitte von Neu-Braunschweig in Nord-Amerika, zwischen Quebek und Neufundland.

Gebrauch der Sternkarten.

§. 213. (Erkennung der Gestirne durch Alignement.) Das einfachste Mittel, den gestirnten Himmel mittelst einer Sternkarte (Taf. I. und II.) kennen zu lernen, ist das Alignement, oder die Verbindung der unbekannten Sterne mit den bereits bekannten durch gerade Linien der Karte, welche Linien dann am Himmel durch Bogen grösster Kreise dargestellt werden. Jedermann kennt den grossen Bären oder den Wagen, der aus sieben grössern Sternen besteht, deren vier ein Viereck und deren drei andere eine krumme Linie bilden; von dieser Constellation wollen wir daher in Folgendem ausgehen.

Kleiner Bär.

Eine gerade Linie durch die zwei äussersten Sterne β und α des Vierecks im Wagen führt, wie die Tafel zeigt, auf den Polarstern oder auf den äussersten Stern im kleinen Bären, der ebenfalls aus sieben Sternen besteht, und ein dem grossen Bären ganz ähnliches, nur verkehrtes Bild gibt, indem nämlich die Schweife der beiden Bären nach zwei einander entgegengesetzten Gegenden des Himmels gerichtet sind.

Nimmt man α und δ des Vierecks im grossen Wagen als Basis eines gleichschenkligen Dreiecks, und errichtet man auf der Mitte dieser Basis im Gedanken ein Loth, das gegen den kleinen Bären gerichtet ist, so trifft dieses Loth auf den durch seine röthliche Farbe ausgezeichneten Stern β im kleinen Bären, der so wie der Polarstern der zweiten Grösse ist.

Cassiopeia.

Der Polarstern liegt in der Mitte der Geraden, die δ grosser Bär mit α Cassiopeia verbindet. Cassiopeia ist durch fünf Sterne α, β, γ, δ, ε ausgezeichnet, von welchen je drei in der Ordnung β α γ, α γ δ und γ δ ε Dreiecke bilden. Von diesen fünf Sternen steht α am Halse, β in der Stuhllehne der Cassiopeia, und δ auf dem Knie derselben.

Cepheus.

Eine Gerade durch α und β der Cassiopeia, nahe viermal so gross als diese Distanz, führt auf den Stern α auf der Schulter des Cepheus. Dieser Stern bildet mit zwei andern, β im Gürtel und γ auf dem Knie des Cepheus, ein gleichschenkliges Dreieck α β γ, dessen Winkel an β nahe an 180 Grade beträgt. Die Gerade durch α und β Cepheus geht auf den Polarstern.

Drache.

Eine Linie durch δ Cassiopeia und durch β Cepheus, noch einmal so weit verlängert, geht durch den Kopf des Drachen. Die andern grössern Sterne dieses Bildes erkennt man leicht; denn diese Sternreihe bildet eine dem Z ähnliche Figur von drei Linien, deren mittlere mit dem Viereck des kleinen Bären parallel ist, so dass zwei dieser Linien den kleinen Bären auf seiner vordern Seite gleichsam einschliessen. Jede Gerade durch irgend zwei der sieben Sterne des kleinen Bären geht sehr nahe durch einen grössern Stern des Drachen.

Andromeda.

Eine Linie durch den Polarstern und durch β Cassiopeia geht, noch einmal so weit verlängert, durch den Stern α im Kopf der Andromeda, und eben so geht die Linie durch den Polarstern und durch ε Cassiopeia doppelt genommen, auf γ Andromeda, wo man dann die übrigen Sterne dieses Bildes leicht auffinden wird.

Perseus.

Die Linie durch β und γ Andromeda, noch einmal so weit verlängert, geht auf α und β Perseus oder Algol im Medusenkopfe. Eine Gerade durch α Cepheus und ε Cassiopeia geht nahebei durch vier grössere Sterne des Perseus, nämlich durch γ in der Schulter, α auf der Brust, δ im Gürtel und ε im Knie des Perseus.

Fuhrmann.

Wenn man auf der Geraden zwischen dem Polarsterne und α Cassiopeia ein gleichseitiges Dreieck errichtet, so ist der dritte Scheitel dieses Dreiecks in α Fuhrmann oder in der Capella. Eine Gerade durch die Capella und δ Perseus geht nach β in der Schulter des Fuhrmanns.

Stier.

Ein nahe gleichschenkliges Dreieck wird ebenfalls gebildet von den drei Sternen ε Cassiopeia, Capella und Aldebaran im Kopfe des Stiers. Die Gruppe von fünf Sternen, zu welchen Aldebaran gehört, hat die Gestalt eines V, und diese Gruppe heisst die Hyaden, in deren Nähe eine andere, kleinere, aber helle und gedrängte Gruppe, die Plejaden, dem ersten Blicke auffällt.

Widder und Fische.

Eine Gerade durch ε Cassiopeia und γ Andromeda geht verlängert durch α Widder und durch α Fische, so dass diese vier Sterne die erwähnte Gerade nahe in vier gleiche Theile theilen.

Walfisch.

α Widder, α Fische und α Walfisch bilden ein gleichseitiges Dreieck, und dasselbe gilt auch von den drei Sternen: α Walfisch, α Widder und den Plejaden, so dass diese vier Gestirne, die Plejaden, α Fische, α Widder und α Walfisch eine ziemlich regelmässige Raute formiren.

Zwillinge.

Eine Gerade durch α und β Fuhrmann, dreimal verlängert, geht durch Castor, und viermal verlängert durch Pollux in den Zwillingen. Auch eine Gerade durch β und η im grossen Bären geht nahe durch Castor und Pollux.

Orion.

Aldebaran, Castor und α Orion bilden nahe ein gleichschenkliges Dreieck, so wie diese drei Sterne und die Ziege ein nahe regelmässiges Viereck machen. Das Sternbild Orion, das schönste am Himmel, wird überhaupt leicht an den zwei Sternen α und γ an den Schultern, β und $\varkappa$ an den Füssen, und an den drei in gerader Linie und in gleichen Entfernungen stehenden Sternen δ, ε, ζ im Gürtel erkannt, welche letztere Sterne den sogenannten Jakobsstab bilden.

Grosser und kleiner Hund.

Die drei Sterne α Orion, Castor und Procyon im kleinen Hund bilden ein gleichschenkliges, und α Orion, Procyon und Sirius im grossen Hund ein gleichseitiges Dreieck.

Grosser Löwe, Hydra und Krebs.

Castor, Procyon und Regulus (im Löwen) bilden nahebei ein regelmässiges Dreieck. Castor, Procyon, Regulus und α Hydra bilden ein regelmässiges Parallelogram; in dem Durchschnitte der beiden Diagonalen dieses Vierecks steht α Krebs.

An dieses Viereck legt sich ein anderes, weniger regelmässiges, das aus den vier Sternen zusammengesetzt ist: Regulus (an der Brust); Denebola (am Schweife des grossen Löwen): Castor und γ grosser Bär.

Bootes, Jungfrau und Wage.

Die zwei soeben genannten Sterne Denebola und γ grosser Bär bilden mit α Bootes (oder Arctur) ein gleichseitiges Dreieck, und die eine Seite dieses Dreiecks ist zugleich die Seite einer sehr regelmässigen Raute, die durch die vier Sterne bezeichnet wird: Denebola, Arctur, die Kornähre und α Wage. Durch den letztgenannten Stern aber wird auch sogleich das kleine Quadrat erkannt, welches die vier Sterne α, β, γ und ι der Wage unter sich bilden. — Eine Gerade durch die Kornähre (in der Jungfrau) und durch Arctur (im Bootes) geht in die Mitte des kleinen Vierecks, welches die Sterne γ und δ (auf der Brust) und ε und ϱ (im Gürtel) des Bootes bilden.

Krone, Herkules und Ophiuchus.

Eine Gerade durch ε und ζ im Schweife des grossen Bären geht durch die Krone, ein kleines, leicht zu erkennendes Bild, da es aus mehreren einander nahe stehenden Sternen besteht, die einen gegen den Polarstern offenen Kreisbogen bilden. Dieselbe Linie, etwas weiter verlängert, trifft den Kopf und Hals der Schlange des Ophiuchus, von welchen vier Sterne: β, γ, $\varkappa$ und π den Kopf, und drei: δ, α und ε, den Hals bilden.

Eine Gerade durch γ und ε grosser Bär führt auf das Viereck ε, η, ζ, π um den Gürtel des Herkules, und die Diagonale durch η und ε dieses Vierecks geht auf α im Kopfe des Herkules, unter welchem man auch sofort den etwas grösseren Stern α im Kopfe des Ophiuchus, und β, γ auf der Schulter des Ophiuchus erblickt.

Leier, Schwan und Adler.

Eine Gerade durch γ und δ im grossen Bären geht durch Wega in der Leier, so wie auch eine Linie durch die Mitte des Vierecks im grossen Bären und durch den Drachenkopf auf Wega führt. Durch diesen letzten Stern erkennt man sofort ein sehr auffallendes, grosses und gleichschenkliges Dreieck am Himmel, welches durch drei Sterne der ersten Grösse gebildet wird, nämlich durch Wega (oder α Leier), Deneb (oder α Schwan) und Atair (oder α Adler), von denen Wega der hellste, und Atair, im Scheitel des erwähnten Dreiecks, der am meisten von dem Pole entfernte Stern ist. Neben Wega sieht man leicht die zwei südlicheren Sterne β und γ der Leier; neben Deneb die vier Sterne β, δ, ε und ν, die ein Kreuz bilden, und endlich zu beiden Seiten des Atair die beiden Begleiter β und γ desselben.

Pegasus, Delphin, Wassermann und Scorpion.

Eine Gerade durch Wega und Deneb geht durch die Mitte eines auffallenden Vierecks, welches durch die drei Sterne α, β, γ des Pegasus und durch α Andromeda gebildet wird. Die Seite dieses Vierecks, die durch α Andromeda und β Pegasus geht, gegen Atair hin verlängert, geht auf das kleine schöne Sternbild des Delphins, das sich durch einen gedrängt stehenden Haufen von ziemlich grossen Sternen kenntlich macht.

Die Diagonale des Vierecks, die durch α Andromeda und α Pegasus geht, trifft verlängert den Stern α in der Schulter des Wassermanns.

Endlich kann noch die Gerade zwischen Wega und Arctur als die Basis eines grössern gleichseitigen Dreiecks angesehen werden, dessen Scheitel von Antares (oder α im Scorpion) gebildet wird.

Andere Verbindungen der Sterne durch gerade Linien, durch Drei- oder Vierecke u. s. w. wird der blosse Anblick der Karten Jedermann ohne Mühe geben.

§. 214. (Beschreibung und näherer Gebrauch von Sternkarten.) Will man aber weiteren Gebrauch von Sternkarten machen und dieselben wirklich als Karten, nicht als blosse Abbildungen des Himmels benützen, so muss man sich mit ihrer Einrichtung näher bekannt machen. Unsere Planiglobe geben an ihrem äusseren Umfange, dem Aequator die gerade Aufsteigung in Graden, an dem unteren vertikalen Halbmesser die Abweichung. Durch die Theilungspunkte dieses Halbmessers hat man sich concentrische Kreise aus dem Mittelpunkte der Karte gezogen zu denken, die dann die Parallelkreise von 10^0, 20^0 u. s. w. Declination bezeichnen, die letzte nördlich oder südlich, je nachdem der betrachtete Punkt in die nördliche oder südliche Hemisphäre fällt. Will man nun aus einem solchen Planiglobe die Stellung eines Gestirnes erfahren, so ziehe man durch den Mittelpunkt der Karte und das Gestirn eine Gerade; diese Gerade schneidet an der Randtheilung bei dem Grade ein, der die Rectascension des Gestirnes vorstellt, das Stück dieser Geraden zwischen der Randtheilung und dem Sterne auf den getheilten Halbmesser über-

tragen gibt sofort die Declination des Gestirnes. Man findet so z. B. dass der Stern Wega in der Leier 277° 30′ Rectascension und 38° nördliche Declination hat.

Hat man aber einmal diese Stellung eines Sterns, so unterliegt dessen Auffindung am Himmel weiter keiner Schwierigkeit; denn die gerade Aufsteigung gibt (nach §. 1 der Einleitung) in Zeit ausgedrückt, die Sternzeit der Culmination des Gestirnes (Einl. §. 28), aus welcher man (nach §. 158) die mittlere Sonnenzeit dieser Culmination, daher auch mit Hülfe jeder gewöhnlichen Uhr den Stundenwinkel des Gestirnes u. s. w. finden kann. Die Declination aber mit der geographischen Breite des Beobachtungsortes verglichen (Einl. §. 27) gibt die Höhe, in welcher das Gestirn culminirt. So findet man z. B. aus der oben für Wega bestimmten geraden Aufsteigung von 277° 30′ in Bogen oder $18^h\ 30^m$ in Zeit, dass Wega täglich um $18^h\ 30^m$ Sternzeit culminirt. Dieser Sternzeit entspricht z. B. am 20. Juli 1850 die mittlere Sonnenzeit $10^h\ 40^m$; es culminirt also Wega an diesem Tage um $10^h\ 40^m$ Abends, und hat demnach um $9^h\ 40^m$, $8^h\ 40^m$ u. s. w. einen östlichen Stundenwinkel von 1^h oder 15°, 2^h oder 30° u. s. w. Aus der oben für Wega gefundenen nördlichen Declination von 38° aber folgt, dass dieser Stern in Wien, dessen Aequatorhöhe gegen 42° beträgt, in einer Höhe von 80° oder nur 10° unter dem Zenithe durch den Meridian geht.

Will man umgekehrt sehen, welche Gestirne zu einer gegebenen mittleren Zeit culminiren, so hat man diese Zeit in Sternzeit zu verwandeln, diese Sternzeit in Bogen auszudrücken und dann auf der Karte jene Sterne aufzusuchen, welchen die diesem Bogen gleiche oder für untere Culminationen die um 180° davon verschiedene gerade Aufsteigung zukommt. So findet man z. B., dass es am 24. August 1850 um $7^h\ 51^m$ mittlere Zeit Abends $18^h\ 0^m$ Sternzeit ist, d. h. dass an dem besagten Tage zur Zeit der genannten Stunde alle Gestirne im Meridiane stehen, deren Rectascension 18^h oder 6^h d. h. 270° oder 90° beträgt. Für Wien, das 48° Polhöhe hat, und wo daher nur diejenigen Gestirne sichtbar sind, welche von 42° südlicher Abweichung über den Aequator und Nordpol hinaus bis 42° nördlicher Declination liegen, wird man so aus der Karte ersehen, dass um jene Zeit der Kopf des Drachen nahe im Zenithe, der Schütze tief gegen den südlichen, der Fuhrmann ebenso gegen den nördlichen Horizont steht.

Noch bemerken wir, dass auf unserem Planiglobe die Grösse der Sterne (*II.* Abth. *XIV.* Kap.) durch die Grösse der Scheiben, mit welchen sie bezeichnet sind, kenntlich gemacht wird. Diese Scheiben stehen nahe in dem Verhältnisse der Lichtmengen und sind nach Steinheil's photometrischen Bestimmungen bemessen. Die Abstufung in der Grösse dieser Scheiben ergibt von selbst, welche Sterne der ersten Grösse, welche der zweiten u. s. w. bis zur sechsten Grösse sind. Die letzten bilden so ziemlich die Grenze der Wahrnehmbarkeit für das freie Auge.

§. 215. (Tafeln der Präcession.) Alle Positionen von Sternen gelten, selbst wenn das Gestirn an sich unbeweglich ist, wie wir wissen, hauptsächlich wegen der Präcession der Nachtgleichen nur für eine gewisse Zeit (§. 188).

So sind z. B. unsere Planiglobe für das Jahr 1850 entworfen. Will man nun die Stellung der Sterne aus diesen Karten für eine andere

Epoche finden, oder umgekehrt eine für eine andere Zeit gegebene Sternposition in diese Karten übertragen, so muss man jene Veränderung durch Präcession in Rechnung bringen, anderer Fälle, wo es von Interesse ist, diese Veränderung der Nachtgleichen zu kennen, nicht zu erwähnen. Die folgenden Tafeln sollen unsere Leser in den Stand setzen, für den bei weitem grössten Theil des Himmels nämlich bis 80° nördlicher und südlicher Declination mit meistens hinreichender Genauigkeit (nämlich in Declination immer auf 1′ in hundert Jahren, in Rectascension bis 60° Declination auf eine Minute, von 60° bis 76° Declination auf 4′, von 76° bis 80° auf 7′ in hundert Jahren) die Präcession ohne grosse Mühe zu finden. Für die letzten 10° der Declination lässt sich die nöthige Rechnung nicht mehr auf gleich einfache Weise abkürzen (§. 190).

Unserer Tafeln sind vier: die ersten drei für die Rectascension, die vierte für die Declination, und geben durchaus die Präcession für hundert Jahre, woraus man also mit Leichtigkeit die Präcession auch für jede andere Periode finden kann. Für die ersten drei Tafeln ist Rectascension und nördliche oder südliche Declination, für die vierte Tafel Rectascension allein das Argument, d. h. diejenige Grösse, mit der man in die Tafel eingehen muss, um die gesuchte Grösse zu finden.

In den ersten drei Tafeln hat man die so gefundene Grösse mit ihrem Zeichen zu 1° 17′ hinzuzulegen, um die hundertjährige Präcession in Rectascension zu erhalten; die vierte Tafel gibt unmittelbar die hundertjährige Präcession in Declination, alles in Bogenminuten. Das Zeichen der Tafelgrössen aber ist bei den ersten drei Tafeln für nördliche Declinationen ober, für südliche unter derjenigen Columne zu entnehmen, in welcher die betreffende Rectascension vorkommt*): in der vierten Tafel sind obere und untere Zeichen gleich, und hat man in dieser Beziehung nur auf die Columne der Rectascension zu achten, in welcher das betreffende Argument überhaupt steht. Die so erhaltenen Präcessionen sind nach gehöriger Berücksichtigung des Verhältnisses der fraglichen Periode zu hundert Jahren, mit ihrem oder mit entgegengesetztem Zeichen an die gegebene Rectascension und Declination anzubringen, je nachdem die Epoche, auf welche man reduciren will, nach oder vor der Zeit liegt, für welche beide Grössen gegeben waren. Ein paar Beispiele werden die Sache vollends deutlich machen. Unser Buch gibt am Ende der *II.* Abtheilung ein Verzeichniss merkwürdiger Sternhaufen und Nebelflecke, deren Positionen in den früheren Auflagen sich auf 1830, als das Jahr des Herschel'schen Kataloges, dem sie entnommen, beziehen, während in der vorliegenden Auflage die Stellungen dieser Objecte für 1850 gegeben sind. Wir wollen daher unsere Beispiele von diesem Falle herholen, also Positionen von 1830 auf 1850 bringen und umgekehrt.

*) Die drei ersten Tafeln wurden in die hier gegebene, sehr compendiöse Form gebracht, um Raum zu ersparen; Jedermann, der ausgedehnteren Gebrauch von diesen Tafeln machen will, wird ohne Schwierigkeit jede derselben in mehrere zerfällen, die unmittelbar Präcession in Rectascension geben, und in denen also das hier noch nöthige Hinzulegen von 1° 17′ bereits ausgeführt ist. C. v. Littrow's Kalender für 1859 gibt die Tafeln in solcher Umständlichkeit.

Ex. 1. Für den Ringnebel in der Leier hatte man 1830: $AR = 18^h\ 47^m\ 13^s = 281^0\ 48'$, *Pold.* $= 57^0\ 11'$ oder *Decl.* $= +\ 32^0\ 49'$. Aus Tafel *I.* aber findet man für $AR = 280^0$ und nördliche Declination $= 30^0$ die zu $1^0\ 17'$ hinzuzulegende Grösse $= -\ 19'$, und sieht zugleich, dass sich diese Grösse bis $AR = 285^0$ nicht ändert, hingegen wird dieselbe in der Zeile $AR = 280^0$ von Decl. $= 30^0$ bis Decl. $= 35^0$ um 4' grösser, nämlich 23' aus 19'. Da nun unsere Declination $32^0\ 49'$ beträgt, so wird jene Tafelgrösse für uns — 21'. Diess zu $1^0\ 17'$ hinzugelegt gibt + 56' als hundertjährige Präcession in Rectascension, also von 1830 auf 1850 zwanzigjährige Präcession in Rectascension = + 11'.

Tafel *IV.* gibt für $AR = 280^0 \ldots + 6'$, für $AR = 285^0 \ldots + 9'$, also für unsere AR von $281^0\ 48' \ldots + 7'$ als hundertjährige, daher zwanzigjährige Präcession in Declination = + 1'.

Wir haben somit als Position des Ringnebels in der Leier für 1850

$$AR = 281^0\ 59',\ D = +\ 32\ 50.$$

Ex. 2. Wollte man umgekehrt aus einer für 1850 geltenden Position die Stellung für 1830 finden, und wählte man dazu den sehr lichten Nebel im grossen Bären, dessen Stellung Abth. *II.* für 1850

$$AR = 145^0\ 45',\ D = +\ 69\ 47$$

angegeben ist, so findet man zuerst aus Tafel *II.*, dass hier die Tafelgrösse für 2^0 AR um 3' ab-, für 2^0 Declination um 5' zunimmt, somit, da sie für $AR = 144^0$ und nördliche $D = 68^0 \ldots + 49'$ beträgt, für unsere Position in einem Sinne um 3' kleiner, im anderen um 5' grösser, zusammen also um 2' grösser wird, also + 51' beträgt. Diess zu $1^0\ 17'$ gelegt gibt + $2^0\ 8'$ für die hundertjährige oder + 26' für die gesuchte zwanzigjährige Präcession, welche, da hier von 1850 auf 1830 zurück gegangen wird, mit entgegengesetztem Zeichen an $145^0\ 45'$ angebracht die Rectascension unseres Nebels für 1830 = $145^0\ 19'$ gibt. Für die Declination aber hat man aus Tafel *IV* . . . — 27' als hundertjährige, somit — 5' als zwanzigjährige Präcession, welche wieder mit verkehrtem Zeichen an + $69^0\ 47'$ angebracht die gesuchte Declination für 1830 = $69^0\ 52'$ finden lässt. Verwandelt man diese Declination in Poldistanz, und drückt die oben gefundene Rectascension in Zeit aus, so ist die Position des Nebels im grossen Bären für 1830

$$AR = 9^h\ 41^m\ 16^s,\ P = 20^0\ 8'.$$

Ex. 3. Wollte man endlich für den schönen Sternhaufen im Wassermann, dessen Position für 1830

$$AR = 21^h\ 24^m\ 40^s = 321^0\ 10',\ P = 91^0\ 34' \text{ oder } D = -\ 1^0\ 34'$$

betrug, die Stellung für 1850 ableiten, so hätte man vermöge Tafel *I* zu $1^0\ 17'$ hinzuzufügen + 1', um als hundertjährige Präcession in Rectascension + $1^0\ 18'$, also als zwanzigjährige + 16' zu erhalten. Tafel *IV* gäbe + 26' als hundertjährige, also + 5' als zwanzigjährige Präcession in Declination, somit die gesuchten Grössen für 1850

$$AR = 321^0\ 26',\ D = -\ 1^0\ 29'.$$

Ausser diesen Beispielen mögen die §. 188 gegebenen Anwendungen dieser Tafeln den Gebrauch derselben erläutern.

Tafel I. Hundertjährige Präcession in Rectascension = 1° 17′ ±

Nördliche Declination.

− AR +		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	+ AR −	
180°	0°	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0	0′	180°	360°
185	5	0	0	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4	4	4	5	5	175	355
190	10	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	7	7	8	9	9	10	170	350
195	15	0	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	165	345
200	20	0	1	2	3	4	5	7	8	10	11	14	15	16	17	18	20	160	340
205	25	0	1	2	4	5	6	8	10	12	14	17	18	19	21	23	24	155	335
210	30	0	1	3	4	6	8	10	12	14	17	20	21	23	25	27	29	150	330
215	35	0	2	3	5	7	9	11	14	16	19	23	25	26	28	31	33	145	325
220	40	0	2	4	6	8	10	12	15	18	21	25	28	30	32	34	37	140	320
225	45	0	2	4	6	9	11	14	17	20	24	28	30	33	35	38	41	135	315
230	50	0	2	5	7	9	12	16	18	21	26	30	33	35	38	41	44	130	310
235	55	0	2	5	7	10	13	16	19	23	28	33	35	38	41	44	47	125	305
240	60	0	3	5	8	11	13	17	20	24	29	35	37	40	43	46	50	120	300
245	65	0	3	5	8	11	14	17	21	25	30	36	39	42	45	48	52	115	295
250	70	0	3	6	8	11	15	18	22	26	31	37	40	43	47	50	54	110	290
255	75	0	3	6	9	12	15	19	23	27	32	38	41	44	48	52	56	105	285
260	80	0	3	6	9	12	15	19	23	28	33	39	42	45	49	53	57	100	280
265	85	0	3	6	9	12	16	19	23	28	33	40	43	46	49	53	58	95	275
270	90	0	3	6	9	12	16	19	23	28	33	40	43	46	50	54	58	90	270
+ AR −		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	− AR +	

Südliche Declination.

Tafel II. Hundertjährige Präcession in Rectascension = 1° 17′ ±

Nördliche Declination.

− AR +		60°	62°	64°	66°	68°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	+ AR −	
180°	0°	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	180°	360°
182	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	178	358
184	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	176	356
186	6	6	7	7	8	9	10	10	11	11	12	13	14	174	354
188	8	8	9	10	10	12	13	14	14	15	16	17	19	172	352
190	10	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	22	23	170	350
192	12	12	13	14	16	17	19	20	21	23	24	26	28	168	348
194	14	14	15	17	18	20	22	23	25	26	28	30	32	166	346
196	16	16	17	19	21	23	25	27	28	30	32	34	37	164	344
198	18	18	19	21	23	26	28	30	32	34	36	39	41	162	342
200	20	20	22	23	26	28	31	33	35	37	40	43	46	160	340
202	22	22	24	26	28	31	34	36	39	41	44	47	50	158	338
204	24	24	26	28	30	34	37	39	42	44	47	51	55	156	336
206	26	25	28	30	33	36	40	43	45	48	51	55	59	154	334
208	28	27	30	32	35	39	43	46	48	51	55	59	63	152	332
210	30	29	31	34	38	41	46	49	52	55	58	62	67	150	330
212	32	31	33	36	40	44	49	52	55	58	62	66	71	148	328
214	34	32	35	38	42	46	51	54	58	61	65	70	75	146	326
216	36	34	37	40	44	49	54	57	60	64	69	73	79	144	324
218	38	36	39	42	46	51	57	60	63	67	72	77	83	142	322
220	40	37	40	44	48	53	59	62	66	70	75	80	86	140	320
222	42	39	42	46	50	55	61	65	69	73	78	83	90	138	318
224	44	40	44	48	52	57	64	67	71	76	81	87	93	136	316
226	46	42	45	49	54	60	66	70	74	79	84	90	96	134	314
228	48	43	47	51	56	62	68	72	76	81	87	93	100	132	312
230	50	44	48	53	58	63	70	74	79	84	89	96	103	130	310
− AR +		60°	62°	64°	66°	68°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	+ AR −	

Südliche Declination.

Tafel II. (Fortsetzung.) Hundertjährige Präcession in Rectascension = 1° 17′ ±

Nördliche Declination.

− AR +		60°	62°	64°	66°	68°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	+ AR −	
230°	50°	44	48	53	58	63	70	74	79	84	89	96	103	130°	310°
232	52	46	50	54	59	65	72	76	81	86	92	98	106	128	308
234	54	47	51	55	61	67	74	79	83	88	94	101	108	126	306
236	56	48	52	57	62	69	76	81	85	91	97	103	111	124	304
238	58	49	53	58	64	70	78	82	87	93	99	106	114	122	302
240	60	50	54	59	65	72	80	84	89	95	101	108	116	120	300
242	62	51	55	61	66	73	81	86	91	97	103	110	118	118	298
244	64	52	57	62	67	74	83	87	92	98	105	112	120	116	296
246	66	53	57	63	69	76	84	89	94	100	106	114	122	114	294
248	68	54	58	64	70	77	85	90	95	101	108	116	124	112	292
250	70	54	59	64	71	78	86	91	97	103	110	117	126	110	290
252	72	55	60	65	71	79	87	92	98	104	111	119	127	108	288
254	74	56	60	66	72	80	88	93	99	105	112	120	129	106	286
256	76	56	61	66	73	80	89	94	100	106	113	121	130	104	284
258	78	57	61	67	73	81	90	95	101	107	114	122	131	102	282
260	80	57	62	67	74	81	90	96	101	108	115	123	132	100	280
262	82	57	62	68	74	82	91	96	102	108	115	124	133	98	278
264	84	58	63	68	75	82	91	97	102	109	116	124	133	96	276
266	86	58	63	68	75	83	92	97	103	109	116	124	134	94	274
268	88	58	63	68	75	83	92	97	103	109	116	125	134	92	272
270	90	58	63	69	75	83	92	97	103	109	117	125	134	90	270
+ AR −		60°	62°	64°	66°	68°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	− AR +	

Südliche Declination.

Tafel III. Hundertjährige Präcession in Rectascension = 1° 17′ ±

Nördliche Declination.

− AR +		76° 0′	76° 30′	77° 0′	77° 30′	78° 0′	78° 30′	79° 0′	79° 30′	80° 0′	+ AR −	
180°	0°	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	180°	360°
182	2	5	5	5	5	5	6	6	6	7	178	358
184	4	9	10	10	11	11	11	12	13	13	176	356
186	6	14	15	15	16	16	17	18	19	20	174	354
188	8	19	19	20	21	22	23	24	25	26	172	352
190	10	23	24	25	26	27	29	30	31	33	170	350
192	12	28	29	30	31	33	34	36	37	39	168	348
194	14	32	34	35	36	38	40	42	44	46	166	346
196	16	37	38	40	42	43	45	47	50	52	164	344
198	18	41	43	45	47	49	51	53	56	59	162	342
200	20	46	48	50	52	54	56	59	62	65	160	340
202	22	50	52	54	56	59	62	64	68	71	158	338
204	24	55	57	59	61	64	67	70	73	77	156	336
206	26	59	61	63	66	69	72	75	79	83	154	334
208	28	63	65	68	71	74	77	81	85	89	152	332
210	30	67	70	72	75	79	82	86	90	95	150	330
212	32	71	74	77	80	83	87	91	96	100	148	328
214	34	75	78	81	84	88	92	96	101	106	146	326
216	36	79	82	85	89	92	94	101	106	111	144	324
218	38	83	86	89	93	97	101	106	111	117	142	322
220	40	86	89	93	97	101	106	111	116	122	140	320
+ AR −		76° 0′	76° 30′	77° 0′	77° 30′	78° 0′	78° 30′	79° 0′	79° 30′	80° 0′	− AR +	

Südliche Declination.

Tafel III. (Fortsetzung) Hundertjährige Präcession in Rectascension $= 1^0\ 17' \pm$

Nördliche Declination.

− AR +		76° 0′	76° 30′	77° 0′	77° 30′	78° 0′	78° 30′	79° 0′	79° 30′	80° 0′	+ AR −	
220°	40°	86	89	93	97	101	106	111	116	122	140°	320°
222	42	90	93	97	101	105	110	115	121	127	138	318
224	44	93	97	101	105	109	114	119	125	132	136	316
226	46	96	100	104	108	113	118	124	130	136	134	314
228	48	100	103	108	112	117	122	128	134	141	132	312
230	50	103	107	111	115	120	126	132	138	145	130	310
232	52	106	110	114	119	124	129	135	142	149	128	308
234	54	108	113	117	122	127	133	139	146	153	126	306
236	56	111	115	120	125	130	136	143	150	157	124	304
238	58	114	118	123	128	133	139	146	153	161	122	302
240	60	116	121	125	131	136	142	149	156	164	120	300
242	62	118	123	128	133	139	145	152	159	167	118	298
244	64	120	125	130	135	141	148	155	162	170	116	296
246	66	122	127	132	138	144	150	157	165	173	114	294
248	68	124	129	134	140	146	152	159	167	176	112	292
250	70	126	131	136	142	148	154	162	169	178	110	290
252	72	127	132	138	143	150	156	164	171	180	108	288
254	74	129	134	139	145	151	158	165	173	182	106	286
256	76	130	135	140	146	153	159	167	175	184	104	284
258	78	131	136	142	147	154	161	168	176	185	102	282
260	80	132	137	143	149	155	162	169	178	187	100	280
262	82	133	138	143	149	156	163	170	179	188	98	278
264	84	133	138	144	150	156	163	171	179	189	96	276
266	86	134	139	144	150	157	164	172	180	189	94	274
268	88	134	139	145	151	157	164	172	180	189	92	272
270	90	134	139	145	151	157	164	172	180	190	90	270
+ AR −		76° 0′	76° 30′	77° 0′	77° 30′	78° 0′	78° 30′	79° 0′	79° 30′	80° 0′	− AR +	

Südliche Declination.

Tafel IV. Hundertjährige Präcession in Declination.

+ AR +		Präcession.	− AR −	
360°	0°	33′	180°	180°
355	5	33	175	185
350	10	33	170	190
345	15	32	165	195
340	20	31	160	200
335	25	30	155	205
330	30	29	150	210
325	35	27	145	215
320	40	26	140	220
315	45	24	135	225
310	50	21	130	230
305	55	19	125	235
300	60	17	120	240
295	65	14	115	245
290	70	11	110	250
285	75	9	105	255
280	80	6	100	260
275	85	3	95	265
270	90	0	90	270
+ AR +		Präcession.	− AR −	

Zweiter Theil.

Beschreibende Astronomie.

Zweite Abtheilung.

Beschreibende Astronomie

oder

Topographie des Himmels.

Kapitel I.

Die Sonne.

§. 1. (Masse der Sonne.) Nachdem wir im Vorhergehenden die Erscheinungen, welche die Bewegungen der Körper unseres Sonnensystems für uns hervorbringen, betrachtet haben, wollen wir nun zu der Erzählung desjenigen übergehen, was uns die Fernröhre über den Bau und die physische Beschaffenheit dieser Körper sowohl, als auch, so viel es uns bisher gegönnt ist, der ausser unserem Planetensystem befindlichen Gestirne kennen gelehrt haben.

Wir beginnen unsere Wanderungen durch die Planetenwelt mit dem bei weitem wichtigsten, mit dem Centralkörper derselben, mit der Sonne, der alle übrigen Körper unseres Systems Licht, Wärme und Wohlthaten ohne Zahl verdanken, daher sie auch von mehreren Völkern der Vorzeit als das würdigste Bild der Gottheit, ja als die Gottheit selbst verehrt wurde, wie denn Osiris in Aegypten, Baal in Chaldäa, Adonis in Phönicien, Mithra in Persien, und selbst Apollo in Griechenland nur eben so viele Embleme der Gottheit waren, welche jene Völker unter dem Sinnbilde des ewigen Feuers in ihren Tempeln anbeteten. Wenn die Sonne aber durch diese Wohlthaten die Ehrfurcht der Menschen an sich gebunden, so ist es eine ganz andere Eigenschaft, durch welche sie sich die Herrschaft über die ihr unterworfenen Planeten und Kometen erworben hat. Diese Herrschaft verdankt sie sich selbst, ihrer eigenen Kraft, d. h. ihrer Masse, die 350000mal grösser, als die Masse der Erde, und selbst noch über siebenhundertmal grösser ist, als die aller übrigen Körper des ganzen Planetensystems zusammen genommen. Wir werden weiter unten sehen, dass diese Masse es

eigentlich ist, wodurch die Sonne alle Planeten an sich fesselt und sie zwingt, die ihnen angewiesenen Bahnen in schweigendem Gehorsame zu beschreiben. Dieses Uebergewicht der Masse macht die Sonne nicht nur zu dem Haupt- und Centralkörper des ganzen Systems, sondern dasselbe begründet zugleich die streng monarchische Einrichtung dieses grossen Staates, in welchem die Kraft des Herrschers die aller seiner Unterthanen so weit übertrifft, dass wenigstens grössere Unordnungen jeder Art völlig unmöglich sind.

§. 2. (Grösse der Sonne.) Auch an Grösse, an körperlichem Umfange kann kein Planet mit der Sonne verglichen werden. Der Durchmesser der Sonnenkugel beträgt 193000 deutsche Meilen, also ihre Oberfläche 117000 Millionen Quadratmeilen, und ihr Volum 3760 Billionen Kubikmeilen. Allein diese Zahlen sind zu gross, um uns einen deutlichen Begriff von dem wahren Umfange der Sonne zu geben. Suchen wir also uns durch Vergleichung mit andern bereits bekannten Körpern die Sache gleichsam zu versinnlichen.

Noch lang keiner der kleinsten unserer Planeten ist Vesta. Sein Durchmesser beträgt, nach Schröter's Messungen und neueren Schätzungen, kaum 60 M. Der Sonnendurchmesser ist also über 3200mal grösser, als jener der Vesta, somit der körperliche Inhalt oder das Volum der Sonne gegen 30000 Millionenmal grösser, als das Volum der Vesta, oder aus der Sonne lassen sich mehr als 30000 Millionen der Vesta gleich grosse Kugeln machen. Solcher Kugeln aber, wie unsere Erde, würde man über 1400000 um einander legen müssen, um endlich einen Körper, der Sonne am Volumen gleich, zu erhalten. Ja selbst alle Planetenkugeln zusammengefügt, würden noch nicht den 560sten Theil der Sonnenkugel an Raum einnehmen. — Zu einer sogenannten Reise um die Welt, d. h. den Umkreis der Erde zurückzulegen, würde ein Wanderer, der täglich zehn deutsche Meilen macht, 540 Tage, zu einer Reise um die Sonne aber würde derselbe 60640 Tage oder mehr als 160 Jahre brauchen. — Da aber auch diese Zahlen noch immer zu gross sind, uns eine klare Vorstellung von der wahrhaft ungeheuern Ausdehnung des Sonnenkörpers zu geben, so wollen wir uns denselben um seinen Mittelpunkt so weit ausgehöhlt denken, dass die Erde in diesem Mittelpunkte stehen, und um sie der Mond in seiner Entfernung von 50000 Meilen sich frei in dieser Höhle bewegen könne. Da würde nun noch ein nicht ausgehöhlter Rand der Sonne, eine Kugelschale übrig bleiben, deren Dicke nahe eben so gross ist, als der Halbmesser jener Höhle.

§. 3. (Dichtigkeit der Sonne.) Wenn aber die Sonne an Grösse und Masse alle anderen Planeten weit überwiegt, so steht sie an der Dichtigkeit ihrer Masse einem Theile derselben weit nach. Der Stoff, aus dem dieser grosse Körper gewoben ist, ist viermal lockerer, als der Stoff der Erde. Die Leser werden fragen, woher wir diess wissen und wer die Materie, aus welcher die Sonne besteht, in dieser Beziehung untersucht hat? — Allein das hätten sie besser schon oben, als wir von der Masse der Sonne gesprochen haben, fragen können. Wenn man einmal die Masse und das Volum eines Körpers kennt, so ist es sehr leicht, auch die Dichtigkeit desselben zu finden, da diese immer gleich der Masse dividirt durch das Volum des Körpers ist. Es wurde oben gesagt, dass die Masse der Sonne 350000, und das Volum derselben

1400000mal grösser ist, als das der Erde. Wenn man nun die erste dieser beiden Zahlen durch die zweite dividirt, so erhält man $^1/_4$, daher die Dichtigkeit der Sonne nur den vierten Theil der Dichtigkeit der Erde betragen kann. Wie man aber zu jener Kenntniss der Masse der Sonne gelangen kann, werden wir in der nächstfolgenden Abtheilung dieses Werkes sehen, wie wir denn überhaupt hier noch gar manches, von dem wir erst in der Folge eine, wie wir hoffen, völlig genügende Rechenschaft geben können, dem guten Glauben und dem Vertrauen der Leser zu unserer Redlichkeit überlassen müssen. Es mag ihnen immerhin etwas auffallend dünken, wenn sie die Astronomen behaupten hören, dass sie die Gestirne des Himmels wie auf einer Wage abgewogen und gefunden haben sollen, dass sie, wenn sie die Sonne in die eine Wagschale legten, in die andere 350000 solche Kügelchen wie unsere Erde legen müssten, um das Gleichgewicht der Wage zu erhalten. Aber da sie diesen Astronomen glauben, wenn sie die Finsternisse der Sonne und des Mondes ganze Jahre, ja Jahrhunderte voraus sagen, warum sollten sie eben hier misstrauischer sein und ihnen weniger Glauben schenken? Zwar sind von diesen Finsternissen schon so viele eingetroffen und genau so eingetroffen, wie sie von den Astronomen vorausgesagt werden. Aber auch jene Aussagen von der Masse und Dichtigkeit der Himmelskörper werden eintreffen, und, wie wir mit Zuversicht erwarten, selbst in einem Werke wie das unsere, aus dem doch alle eigentliche Rechnung verwiesen sein soll, eine Bestätigung finden, die jeden unserer Leser vollkommen zufrieden stellen soll.

Uebrigens muss bemerkt werden, dass die oben erwähnte Dichtigkeit der Sonnenmasse nur die mittlere Dichtigkeit derselben ist, oder dass bloss, wenn die Sonne in allen ihren Theilen eine durchaus homogene Masse hätte, die Dichtigkeit derselben dem vierten Theile der mittlern Dichtigkeit unserer Erde gleich, also nahe so gross wie die des Pechs oder der Steinkohle sein würde. Allein diese Voraussetzung einer überall gleich dichten Masse der Sonne ist äusserst unwahrscheinlich, und wir werden später sehen, dass die Dichte dieses Himmelskörpers mit der Nähe zu seinem Mittelpunkte immer zunehmen, und in diesem Mittelpunkte selbst eine ganz ausserordentliche sein müsse, weil hier die Masse der Sonne durch die Kraft ihrer eigenen Anziehung sehr stark zusammengedrückt wird. Es ist aber bekannt, dass die Temperatur aller Körper, wenn sie einer heftigen Compression ausgesetzt werden, sehr hoch ist, woraus folgt, dass im Innern der Sonne auch eine sehr grosse Hitze herrschen muss, und dass vielleicht nur die durch diese Hitze vermehrte Elasticität der Sonnenmasse sie wieder hindert, durch ihre eigene Attractionskraft in einen sehr kleinen Körper zusammengedrückt zu werden.

§. 4. (Fall der Körper auf der Oberfläche der Sonne.) Die Astronomen haben aber nicht bloss die Masse der Sonne abgewogen, und die Dichtigkeit des Stoffes, aus dem sie besteht, bestimmt, sondern sind sogar dahin gekommen, zu erfahren, wie tief ein Stein oder sonst irgend ein schwerer Körper in der ersten Sekunde fiele, wenn er auf der Oberfläche der Sonne seiner Unterstützung beraubt und sich selbst überlassen würde. Auf unserer Erde beträgt dieser Fall der Körper in der ersten Sekunde bekanntlich nahe 15 par. Fuss, wie bereits Tausende von Beobachtungen gezeigt haben, und wie jeder, wenn er will, selbst versuchen

kann. Auf der Sonne aber haben wir allerdings keine solchen Beobachtungen anstellen können, allein wir wissen demungeachtet nicht weniger gewiss, dass dieser Fall der Körper dort 430 Fuss beträgt, und dass daher die Körper auf der Sonne in dieser ersten Sekunde nahe 29mal tiefer fallen, als auf der Erde. Wir werden weiter unten Gelegenheit haben, auch von dieser Behauptung eine Jedermann zufrieden stellende Rechenschaft zu geben. Hier wollen wir uns begnügen zu wissen, dass jeder Körper, der bei uns z. B. hundert Pfunde wiegt, dort 2900 Pfunde oder 29 Centner wiegen würde. Diess Experiment dürfte aber, selbst wenn wir zur Sonne gelangen könnten, nicht mit unseren gewöhnlichen Wagen angestellt werden, da das Gewicht in der anderen Schale der Wage ebenfalls ein Körper, und daher ebenfalls 29mal schwerer auf der Sonne sein würde, als auf der Erde. Aber eine Maschine, z. B. eine elastische Feder, die den Druck der auf ihr liegenden Körper angäbe, würde hier schon bessere Dienste leisten, da der vorhergehende Ausdruck eigentlich nur sagen will, dass der Druck eines jeden Körpers auf seine Unterlage an der Oberfläche der Sonne 29mal grösser ist, als an der der Erde. Und doch würden wir uns vergebens bemühen, auch den Versuch mit einer solchen Maschine auf der Sonne anzustellen, selbst wenn wir Mittel hätten, bis zu ihr zu gelangen. Denn abgesehen davon, dass wir, wenn wir auf unserer Reise von der Erde zur Sonne der letztern einmal nahe genug kämen, mit einer so grossen Kraft von ihr angezogen, und mit einer so ungeheuern Geschwindigkeit auf ihr ankommen würden, dass wir entweder schon längst erstickt, oder bei unserem Auffallen zerschmettert werden müssten; angenommen selbst, dass wir ein Mittel hätten, uns vor der grossen Hitze zu schützen, die wir wahrscheinlich in ihrer Nähe erleiden müssten, so würde schon jener grössere Druck selbst unseren Aufenthalt auf der Sonne ganz unmöglich machen. Unser eigener Körper würde nämlich uns selbst ebenfalls mit einem 29mal grösseren Gewichte drücken, und die 150 Pfunde, die wir etwa hier mit uns herumtragen, würden dort mit einer 29mal grösseren Kraft, d. h. mit einem Gewichte von 4350 Pfunden auf uns lasten, und wir würden demnach, da wir unser eigenes Gewicht nicht mehr ertragen könnten, von uns selbst erdrückt werden.

§. 5. (Physische Beschaffenheit der Sonne.) Es würde ohne Zweifel sehr interessant sein, die physische Beschaffenheit dieses Centralkörpers unseres Planetensystems, oder auch nur die seiner Oberfläche näher zu kennen. Allein die Sonne ist zu Untersuchungen dieser Art, selbst für unsere besten Fernröhre, zu weit entfernt, als dass wir auf grosse Erfolge rechnen könnten. Nach genauen Untersuchungen beträgt die Horizontalparallaxe (*I.* §. 64) derselben für die Bewohner unseres Aequators nur 8.5712 Sekunden, woraus die mittlere Entfernung derselben von der Erde gleich 20682300 deutschen Meilen abgeleitet wird, eine Distanz, welche eine Kanonenkugel, wenn sie auch in jeder Sekunde 1500 Fuss durchlaufen würde, erst in zehn ganzen Jahren zurücklegen könnte. Welche Aussichten haben wir unter solchen Verhältnissen auf grosse Entdeckungen über die Oberfläche der Sonne, wir, die wir selbst die Oberfläche der uns so nahen Erde noch immer so wenig kennen?

Demungeachtet werden wir durch die Wichtigkeit dieses grössten aller Himmelskörper, die wir näher kennen, und noch mehr vielleicht durch die Wohlthaten, die wir ihm täglich und stündlich verdanken,

gleichsam aufgefordert, ihn wenigstens so weit als es unsere beschränkten Kräfte erlauben, zu untersuchen. Unter diesen Wohlthaten haben wir bereits oben als die zwei vorzüglichsten Licht und Wärme genannt. Es wird nicht unangemessen sein, bei jedem dieser wahrhaft himmlischen Geschenke etwas länger zu verweilen, um so mehr, da verschiedene wesentliche Eigenschaften derselben erst in den neuesten Zeiten entdeckt, und daher vielleicht noch nicht allgemein genug bekannt sind.

§. 6. (Emanations- und Vibrations-Hypothese.) Noch in den ersten Decennien unseres Jahrhunderts liess man die leuchtenden und wärmenden Körper Partikelchen von ungemeiner Feinheit mit grosser Geschwindigkeit aussenden und diese durch den Stoss beim Anprallen auf die Nerven einen Reiz ausüben, dessen Empfindung wir als Licht und Wärme bezeichnen. Die abgestossenen Theilchen musste man aber, da das Gewicht eines Körpers durch das Leuchten und Wärmen nie abnahm, entweder dem Gesetze der allgemeinen Schwere nicht unterworfen annehmen, oder sie so fein sein lassen, dass ihr Gewicht jeder Wägung sich entziehen könne, wesshalb man sie mit den Fluiden, die Electricität und Magnetismus bilden und ebenfalls gewichtslos sein sollten, unter dem allgemeinen Namen Imponderabilien umfasste.

Die Theorie dieser Imponderabilien auf das Licht angewendet, nannte man Emanationstheorie, und stellte sich nach derselben vor, dass die leuchtenden Körper nach allen Richtungen geradlinige Theilchen abstossen, wobei man sich wegen der enormen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes jedes vom folgenden durch grosse, oft zu vielen hundert Meilen angegebene Zwischenräume entfernt dachte. Wenn nun die einen sogenannten Lichtstrahl zusammensetzenden, nämlich die in derselben geraden Linie hinter einander fliegenden Partikelchen die Retina treffen, üben sie nach jener Ansicht auf dieselbe einen Stoss aus, der jenes Gefühl erzeugt, das wir Licht nennen. Unter dieser Voraussetzung und der Annahme, dass die Lichttheilchen von den Körpertheilen angezogen werden, bot die Erklärung der Reflexion und Brechung des Lichtes keine Schwierigkeiten: allein um die schönen Farben, in welchen dünne Körper, etwa fein gespaltene Glimmerplättchen oder Seifenblasen prangen, erklären zu können, musste man bereits zu einer anderen Hypothese, den sogenannten Anwandlungen, seine Zuflucht nehmen, d. h. die Lichttheilchen in periodisch wechselnden Zuständen sich befinden lassen, mit welchen in gleichem Masse Dispositionen zur Reflexion oder Transmission wechseln. Aber auch damit reichte man nicht lang aus. Die Entdeckung der Polarisation (die sich unter andern sehr einfach dadurch charakterisirt, dass ein Spiegel polarisirtes Licht (§. 8) nicht in allen, sondern nur in gewissen Lagen reflectirt) zwang dazu, die früher als kugelförmig angenommenen Lichtkörperchen in längliche zu verwandeln, damit sie, je nach der Lage, in der sie einen Körper treffen, entweder leichter in ihn eindringen oder an ihn abprallen konnten, und ausserdem hinzuzufügen, dass die dem Lichte die Eigenschaft der Polarisation mittheilenden Körper die Fähigkeit besitzen, die in einem Lichtstrahle in allen möglichen Lagen sich befindenden Lichtkörperchen gewissermassen zu ordnen, nämlich sämmtlich in eine und dieselbe Lage zu richten. Jedoch auch diess genügte bald nicht mehr: man musste beginnen auch den Lichttheilchen gewisse Eigenschaften zu vindiciren,

und zwar zunächst polare, nach denen sich die Enden derselben in einer Art Gegensatz befinden sollten, etwa wie die Pole eines Magneten, woher auch der Name Polarisation stammt. In ähnlicher Weise machte die Beugung, Interferenz, Doppelbrechung u. s. w., kurz jede neue Entdeckung über die Eigenschaften des Lichtes eine Vermehrung der Eigenschaften jener materiellen Theilchen nothwendig, so dass dieselben nach und nach mit einer kaum übersehbaren Summe von Kräften und zum Theile höchst sonderbaren Qualitäten ausgestattet wurden, und trotzdessen viele Lichterscheinungen sich nicht genügend erklären liessen.

Dieser Umstand veranlasste am Anfange unseres Jahrhunderts zwei ausgezeichnete Physiker: Young in England und Fresnel in Frankreich, diese Hypothese ganz zu verwerfen und zur Vibrations- oder Undulationstheorie zurückzukehren, eine Theorie, die zu derselben Zeit von Huyghens aufgestellt worden war, zu der Newton die Emanationshypothese sich ausdachte, aber wegen des hohen Ansehens, in welchem der berühmte Gründer der letzteren stand, nie hatte Wurzel fassen können, obwohl bereits Euler durch höchst scharfsinnige Bemerkungen das Ungenügende der Emanationstheorie bewiesen und die Vortheile der Undulationshypothese in helles Licht gesetzt hatte. In dieser Vibrationshypothese wird Licht nach der jetzt am meisten gäng und geben Ansicht durch die Schwingungen eines im ganzen Weltraume verbreiteten, alles Materielle durchdringenden, äusserst feinen elastischen Stoffes, Aether genannt, hervorgerufen, und es kommen die Aetherschwingungen, welche das Auge treffen, auf dieselbe Weise als Licht zum Bewusstsein, wie die in's Ohr dringenden Luftschwingungen als Schall empfunden werden. Und wie die Differenz der Töne in der grösseren oder kleineren Anzahl der Luftschwingungen während einer gewissen Zeit besteht, ebenso besteht auch die Differenz der Farben in der grösseren oder kleineren Anzahl von Aetherschwingungen, die in einer gewissen Zeit erfolgen. Mittelst dieser Hypothese kann man, seitdem eine Reihe berühmter Mathematiker, wie Cauchy, Poisson, Green u. s. w., im Geiste der oben erwähnten Begründer und Vervollkommner dieser Lehre weiter arbeitend, die Kraft der Analysis auf dieselbe angewandt haben, nicht nur alle jene Erscheinungen ohne weitere Annahme vollkommen erklären, sondern hat auch mit dieser Hypothese bereits mehrmals den grössten Triumph jeder Theorie gefeiert, nämlich Erscheinungen vorausgesagt, die erst auf diese Anregung hin gesucht und auch gefunden wurden, so dass diese Theorie bereits lange aus der Reihe der Hypothesen nahezu in die der allgemein anerkannten Wahrheiten getreten ist.

Nachdem es so gelungen war, eines der Imponderabilien aus der Physik zu verbannen, fing man an, auch gegen die übrigen behutsamer zu werden, als man den Folgerungen nachging, zu denen einige alltägliche, vielleicht desshalb nicht beachtete Thatsachen führen. Reibt man z. B. zwei Körper gegen einander, so erwärmen sich dieselben, was man, wenn man die Wärme als einen dem Körper inhärirenden imponderablen Stoff, den Wärmestoff betrachtet, so auffassen kann, als ob die Reibung dem Körper seinen Wärmestoff entlocke, oder wie man sagte, frei mache. Ist diese Erklärung richtig, so sollte man meinen, bei fortgesetzter Reibung werde die Erwärmung sich allmählich vermindern und endlich ganz aufhören, da nach und nach immer weniger

Wärmestoff im Körper zurückbleibt. Allein die Erfahrung bestätigt keineswegs diese Schlussfolgerung, sondern zeigt im Gegentheile, dass, man mag die Reibung fortsetzen so lange man will, unter übrigens gleichen Umständen stets wieder dieselbe Wärmemenge frei wird.

Ueber diese sonderbare Erscheinung ging man früher eben so leicht hinweg, wie über viele andere nicht minder auffallende, so z. B. über jene, dass eine auf irgend einer Fläche in Bewegung gesetzte Kugel nach und nach ihre Geschwindigkeit verringert und endlich ganz zur Ruhe gelangt. Man sagte ohne weitere Ueberlegung ganz einfach: »Diess ist ja natürlich; die Reibung vernichtet nach und nach die bewegende Kraft«, und gab sich damit zufrieden, ohne die Frage aufzuwerfen, ob diess auch möglich sei. Denn der Umstand, dass die Kugel sich nach und nach erwärmt, und zwar desto mehr, je grösser die ursprünglich mitgetheilte Bewegung war, hätte ein hinreichender Fingerzeig sein sollen, dass die mitgetheilte, die Bewegung verursachende Kraft nicht so spurlos verschwunden sei, als man zu glauben geneigt war. Als man in neuerer Zeit näher auf diesen Umstand einging, bildete sich nach und nach die Ansicht aus, die scheinbar in Verlust gerathene Kraft sei nicht verschwunden, sondern habe sich in Wärme umgesetzt, woraus aber nothwendig folgte, dass die letztere kein Stoff, sondern nur eine andere Form sei, in der sich Bewegung unseren Sinnen darstellt.

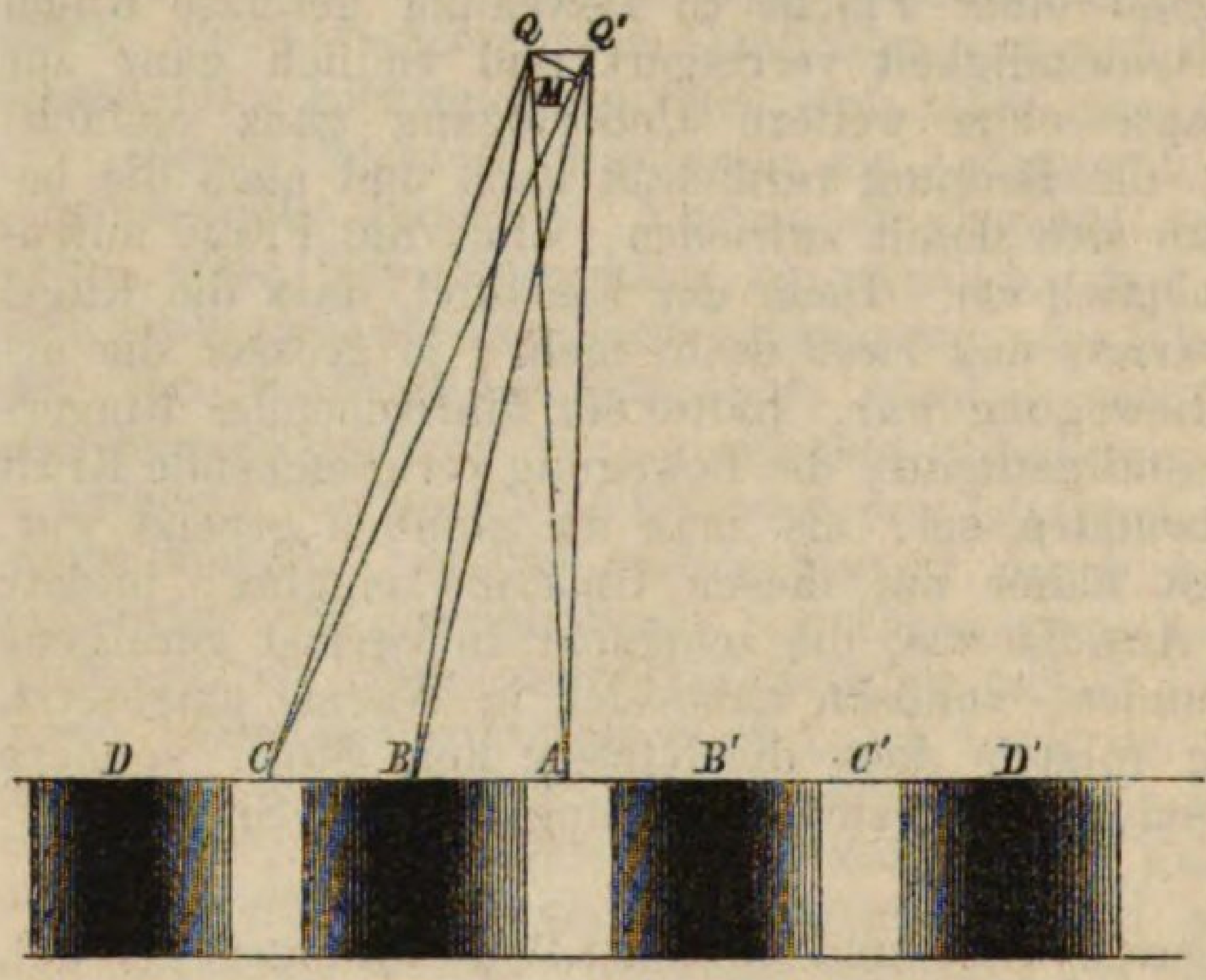
§. 7. (Interferenz.) Durch diese und ähnliche Betrachtungen geleitet, verbannte man die Imponderabilien nach und nach ganz aus der Physik, indem man alle Erscheinungen, denen man sie früher zu Grunde gelegt, auf Bewegungen zurückführte, und zwar speciell Licht und strahlende Wärme, die uns hier am meisten interessiren, auf Transversalschwingungen des alles Körperliche durchdringenden Aethers, wodurch hauptsächlich zwei Erscheinungen: Interferenz und Polarisation, die jedes Erklärungsversuches mittelst Imponderabilien gespottet hatten, leicht verständlich wurden. Es ist nämlich klar, dass, wofern man sich nicht in allzukühne Hypothesen einlässt, Lichtmaterie nicht als sich selbst vernichtend angenommen werden kann; wohl aber ist es denkbar, ja ganz natürlich, dass einander entgegengesetzte Schwingungen, also Bewegungen, sich gegenseitig aufheben. Fresnel, der grosse Physiker, lieferte den Beweis, dass in der That Lichtstrahlen unter geeigneten Umständen zusammengeleitet, sich gegenseitig verdunkeln können. Da diese sogenannte Interferenz der gewichtigste Beweis für die nun siegreiche Vibrationshypothese ist, wollen wir denselben kurz vorführen.

Wir müssen uns die Schwingungen des Lichtäthers, die von einem leuchtenden Punkte ausgehen, genau so vorstellen, wie die Wellen, die von einem in das Wasser geworfenen Steine erzeugt werden. Der Richtung des Lichtstrahles entspricht die Richtung, in der die Wellen fortschreiten; jedes Theilchen bleibt in dem einen wie im anderen Falle im Ganzen auf seinem Platze, aber hebt und senkt sich fortwährend und theilt diese Bewegung dem Nachbartheilchen mit. Diese Mittheilung erfordert eine gewisse Zeit, so dass nicht alle Theilchen zugleich sich heben und senken, sondern dass eines nach dem andern seinen höchsten Stand erreicht. Die Stelle, an der das daselbst befindliche Theilchen gerade diesen höchsten Stand erreicht hat, d. i. der Wellenberg, scheint

daher stetig fortzuschreiten; ihm folgt ein Wellenthal, diesem wieder ein Wellenberg u. s. w.

Gesetzt nun, wir hätten zwei sehr nahe aneinander liegende Lichtquellen Q und Q' (Fig. 39), von denen immer gleichzeitige Wellenzüge ausgehen, so dass in dem Augenblicke, in dem ein Wellenberg von Q ausgeht, auch ein solcher von Q' ausginge, also zwei Wellensysteme, wie sie in dem Beispiele von der Flüssigkeit zwei gleichzeitig neben einander ins Wasser geworfene Steine verursachen würden. Diesen zwei leuchtenden Punkten gegenüber denken wir uns eine Wand DD', die von den Strahlen desselben beleuchtet wird. Die Stelle der Wand A, die von beiden Punkten gleichweit absteht, wird nun von zwei Strahlen getroffen, deren Schwingungen gleichzeitig vor sich gehen; denn da beide in Q und Q' in gleichen Schwingungszuständen waren, und gleiche Zeit brauchten, um bis A zu gelangen, so wird auch noch in A der Wellenberg von QA mit dem Wellenberg von $Q'A$ zusammentreffen und ebenso die Wellenthäler, wir haben somit in A doppelt so hohe Wellenberge und doppelt so tiefe Wellenthäler, also doppelt so starke Schwingungen, d. h. doppelte Erleuchtung. Nicht so ist es bei anderen Punkten der Wand. Der Punkt B z. B. liegt nicht in gleichen Abständen von Q und Q'; während daher ein von Q ausgegangener Wellenberg in B anlangt, ist der von Q' mit diesem zugleich ausgegangene Wellenberg noch nicht in B, sondern vielleicht erst das ihm unmittelbar vorausgegangene Wellenthal; und wenn der von Q' kommende Wellenberg wirklich in B anlangen wird, wird der von Q zugleich ausgegangene schon vorüber sein und jener wird erst mit dem, diesem folgenden Wellenthale zusammentreffen; immer wird Berg auf Thal und Thal auf Berg fallen, und eines das andere aufheben, d. h. in B Dunkelheit herrschen. Es ist leicht einzusehen, dass dieses Verhältniss dann genau eintritt, wenn die Differenz der Wege BQ und BQ' gerade einer halben Wellenlänge oder der halben Entfernung jedes Wellenberges vom nachfolgenden gleich ist. Geht man in der Richtung AB weiter, so wird die Differenz $BQ' - BQ$ stetig grösser; man wird daher bald zu einem Punkte C kommen, für den die Differenz der Wege CQ' und CQ der ganzen Wellenlänge gleich ist. Es trifft dann der von Q' kommende Wellenberg nicht auf den von Q zugleich ausgegangenen Wellenberg, auch nicht auf das diesem folgende Wellenthal, sondern bereits auf den nächsten Wellenberg. In C findet daher wieder gegenseitige Verstärkung der Strahlen statt. Ebenso

Fig. 39.

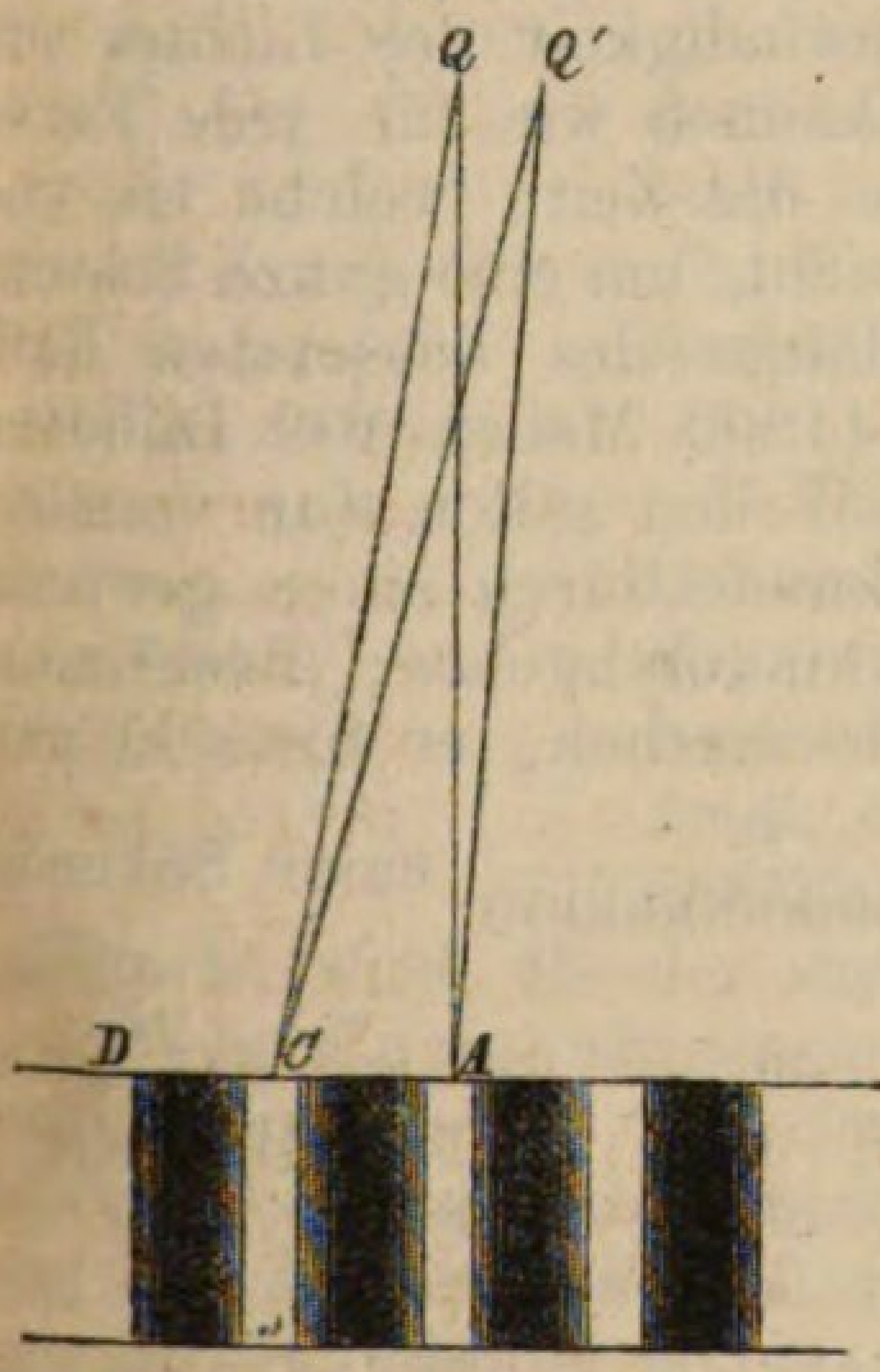


tritt Verstärkung an allen Punkten der Wand ein, die so gelegen sind, dass die Differenz des Abstandes von Q und von Q' eine oder mehrere ganze Wellenlängen, Dunkelheit jedoch dort, wo diese Differenz $^1/_2$, $1\,^1/_2$, $2\,^1/_2$... Wellenlängen beträgt. Es ist klar, dass genau dasselbe auf der andern Seite in der Richtung $AB'C'$... stattfindet; B', D' ... werden dunkel, C', E' ... licht erscheinen.

Man hat daher auf der Wand zu beiden Seiten von A eine Aufeinanderfolge lichter und dunkler Stellen, welche durch die unter die Figur gesetzte Zeichnung angezeigt sind und die man die Interferenzstreifen nennt.

Wir haben bisher vorausgesetzt, dass das Licht, mit dem wir den Versuch anstellten, nur eine einzige Wellenlänge aufweise, mithin in einfacher oder homogener Farbe leuchte. Gesetzt nun, wir machen ganz denselben Versuch, aber mit einem Lichte, welches mit einer anderen Wellenlänge, z. B. einer kürzeren als die eben betrachtete, schwingt. In A (Fig. 40) werden wieder die von Q und Q' zugleich ausgegangenen Wellenberge zugleich ankommen und sich verstärken. Um zum zweiten Verstärkungspunkte, den wir früher C nannten, zu gelangen, müssen wir wie früher an der Wand gegen D zu fortgehen, bis die Differenz $CQ - CQ'$ wieder gleich der jetzigen Wellenlänge ist. Allein da diese jetzt kleiner ist als die frühere, brauchen wir nicht so weit gegen D zu gehen, um den Punkt, der diese Bedingung erfüllt, zu erreichen. Der Punkt C, in dem wieder Verstärkung stattfindet, liegt also jetzt näher an A als früher; ebenso liegen die folgenden Verstärkungspunkte und die zwischen ihnen liegenden dunkeln Stellen näher aneinander; das ganze Phänomen ist somit bei der Verkürzung der Wellenlänge zwar wesentlich sich ähnlich geblieben, aber im Verhältniss jener Verkürzung kleiner geworden.

Fig. 40.



Hier haben wir nun eine in ihrer Grösse leicht bestimmbare Erscheinung, die uns ein Mass gibt für die, an und für sich unseren Instrumenten unmessbare Länge der Lichtwellen. Es ist mithin möglich, aus diesen Erscheinungen die Länge der Lichtwelle irgend einer Farbe zu bestimmen. Wir können nämlich wegen der im Vergleich zu der Entfernung des Schirmes sehr geringen Entfernung der Lichtquellen Q und Q' von einander die Linien CQ und CQ' (Fig. 39) als beinahe zusammenfallend betrachten. Die Senkrechte QM, die wir von Q auf CQ' fällen, macht dann nahe $CM = CQ$, mithin $MQ' = CQ' - CQ$; diese Differenz ist aber, da C der erste Verstärkungspunkt ist, wie schon erwähnt, der Wellenlänge gleich. Nun lässt sich MQ' aus der Figur berechnen, wenn die Entfernung QQ' der Lichtquellen von einander, die Entfernung CQ des Schirmes von Q und die Entfernung des zweiten Verstärkungspunktes C vom ersten A gegeben sind, lauter ganz leicht zu messende Grössen. Es ist dann in dem kleinen Dreiecke MQQ'

$MQ' = QQ' \cos. QQ'M = QQ' \sin. (90^0 - QQ'M) = QQ' \sin. AQ'C.$
Nun ist $\sin. AQ'C = \frac{AC}{CQ'}$, somit die Wellenlänge $MQ' = \frac{QQ'.AC}{CQ'}$.

Wenn man jene Grössen wirklich misst und diesen Ausdruck dann berechnet, so findet man für verschiedene Stellen des Spectrums (siehe unten §. 9), die wir vorläufig durch die Buchstaben *A*, *B*, *C* . . . bezeichnen wollen, folgende Werthe:

	Wellenlänge in Par. Zoll.
A im Anfange des Roth . .	0.0000281
B im Roth	254
C „ „	242
D zwischen Orange und Gelb	218
E im Grün	194
F im Blaugrün	179
G im Dunkelblau	158
H im Violett	145

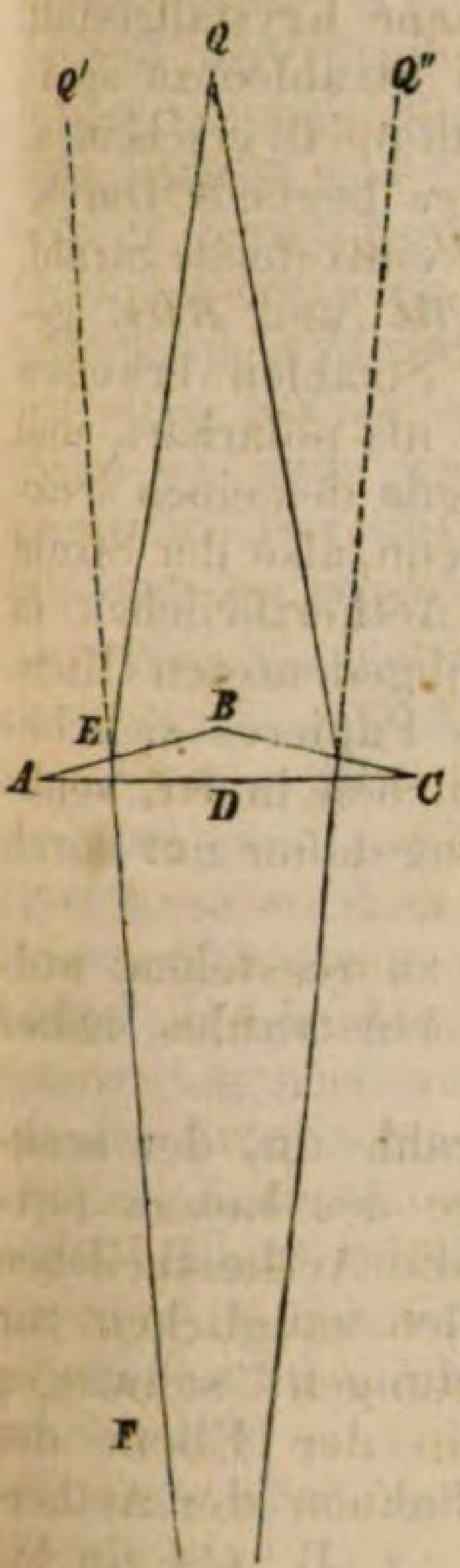
Da sich Schwingungen von jeder Wellenlänge gleich schnell fortpflanzen, nämlich mit der bekannten Geschwindigkeit des Lichtes von 41900 geogr. Meilen in einer Sekunde, so können wir für jede Farbe leicht die Schwingungsdauer ermitteln, d. h. die Zeit, welche ein und derselbe Punkt des schwingenden Mittels braucht, um eine ganze Schwingung zu vollenden. Da z. B. die Wellenlänge des äussersten Roth 0.0000281 Par. Zoll beträgt, so haben in 41900 Meilen 409 Billionen Wellen rothen Lichtes Platz. Alle 409 Bill. Wellen sollen nun vermöge der Geschwindigkeit des Lichtes in einer Sekunde durch einen gewissen Punkt z. B. den Endpunkt der 41900 Meilen hindurchgehen; dieser muss also 409 Bill. Schwingungen in einer Sekunde machen, er braucht mithin zu einer Schwingung nicht mehr als $\frac{1}{409000000000000}$ einer Sekunde. So findet man

	Anzahl d. Schwing. in 1^s		Anzahl d. Schwing. in 1^s
für *A* . . .	409 Billionen	für *E* . . .	590 Billionen
„ *B* . . .	452 „	„ *F* . . .	622 „
„ *C* . . .	473 „	„ *G* . . .	725 „
„ *D* . . .	528 „	„ *H* . . .	791 „

Damit ist also in Zahlen der Beweis geliefert, dass, wie die Höhe des Tones bedingt ist durch eine grössere oder kleinere Zahl von Luftstössen, die während einer bestimmten Zeit das Ohr treffen, so das Auge die grössere oder kleinere Anzahl der Schwingungen des Lichtmediums als Farbe empfindet.

Noch müssen wir angeben, wie Fresnel sich die beiden so nahe an einander liegenden, und gleichzeitig schwingende Strahlen aussendenden Lichtquellen verschaffte. Er benützte hierzu nicht direkt etwa zwei Oeffnungen im Fensterladen, sondern er verdoppelte gleichsam eine einzige solche durch ein angemessen geschliffenes Prisma *ABCD* (Fig. 41). Die eine Hälfte *ABD* desselben bricht die von *Q* kommenden Strahlen, so dass sie in der Richtung *EF* weiter gehen. Diese verhalten sich daher genau so, als kämen sie von einem leuchtenden Punkte *Q'*. Die andere Hälfte *BCD* erzeugt ganz ebenso ein scheinbares Bild von *Q* in *Q''*, und man braucht nur den Winkel *ABC* recht stumpf zu machen,

Fig. 41.



damit Q'' so nahe als möglich an Q' zu liegen scheine. Da ferner beide Bilder Q' und Q'' ihr Licht aus gemeinschaftlicher Lichtquelle beziehen, so werden von beiden Bildern immer in demselben Augenblicke gleiche Phasen der Lichtwelle: Berg, Thal u. s. w. ausgehen. Es sind also alle Bedingungen für den beschriebenen Versuch hergestellt.

§. 8. (Polarisation.) Nachdem wir aus diesem Versuche die Ueberzeugung geschöpft haben, dass Licht eine Bewegung des alle Körper umgebenden Aethers oder, wie eine andere sich jetzt immer mehr Bahn brechende Ansicht lautet, der kleinsten Theilchen der Körper selbst sei, wollen wir die verschiedenen Umstände dieser Schwingungen einer genaueren Erwägung unterziehen. Wir müssen, um eine schwingende Bewegung zu charakterisiren, Folgendes kennen:

1) Die Grösse des bei jeder Schwingung von dem schwingenden Theilchen durchlaufenen Raumes oder in unserem Falle die Intensität des Lichtes;

2) die Richtung, in der die Schwingung stattfindet;

3) die Schwingungsdauer oder die Farbe.

Die Stärke des Lichtes hängt nur von der Grösse der Bewegung ab; denn die Schwingungsdauer wird durch die Grösse der Schwingung nicht beeinträchtigt, da, wie die mathematische Analysis zeigt, eine grössere schwingende Bewegung hier mit gerade eben so oftmal grösserer Geschwindigkeit vollbracht wird, als der zurückgelegte Weg eben grösser ist.

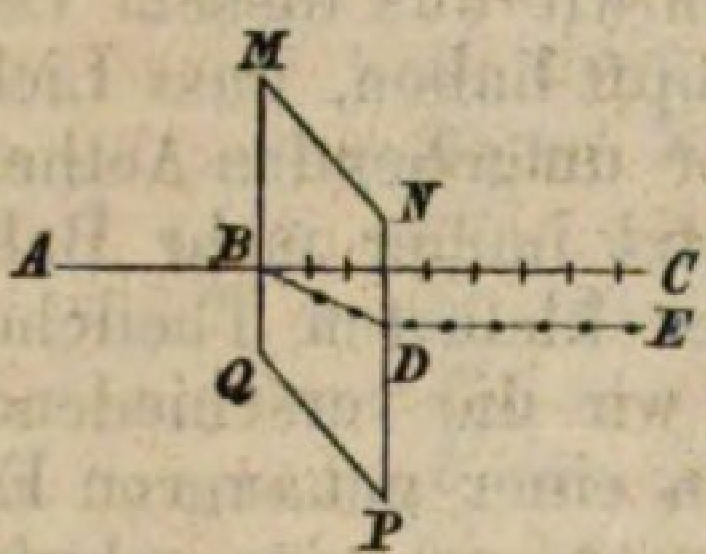
Was die Schwingungsrichtung anlangt, wollen wir zunächst wieder auf unser Beispiel von den Wasserwellen zurückkommen. Bei diesen erfolgt das Heben und Senken der Wellenbewegung immer in der Richtung der Schwere, weil diese es ist, welche die Theilchen in ihre Ruhelage zurückzuführen strebt und dadurch der ganzen Bewegung den Charakter der Periodicität aufdrückt. Bei den Aetherwellen vertritt die Elasticität des Aethers die Stelle der Schwere, wie die Feder an der Unruhe einer Taschenuhr das von der Schwere afficirte Pendel einer Pendeluhr. Diese Elasticität ist aber, nach welcher Seite man das Aethertheilchen auch verschieben mag, immer dieselbe; die Schwingungen können daher in allen möglichen transversalen, d. h. auf der Fortpflanzungsrichtung senkrechten Richtungen vor sich gehen, und thun diess beim gewöhnlichen Lichte auch in der That.

Es ist jedoch ganz gut denkbar, dass es auch Licht gebe, dessen Schwingungen wie die Wasserwellen durchaus einerlei Richtung haben. Man nennt solches Licht polarisirt, und die durch den Strahl und die Schwingungsrichtung gelegte Ebene, in der daher die Schwingungen vor sich gehen, die Schwingungsebene dieses polarisirten Lichtes.

Man erhält solches Licht auf verschiedene Art. Wir wollen bloss eine dieser Methoden anführen, weil sie die am leichtesten anzuwendende ist.

Ein in Island gefundenes Mineral, der Doppelspath, hat die Eigenschaft, gewöhnliche Lichtstrahlen, die in Bezug auf seine Krystallgestalt in einer gewissen Richtung durch ihn gehen, in zwei Strahlen zu spalten, so dass alle Gegenstände durch ihn gesehen, doppelt erscheinen. Es sei *MNPQ* (Fig. 42) der in der Ebene des Papieres liegende Durchschnitt eines solchen Doppelspathrhomboeders, *AB* der eintretende Strahl,

Fig. 42.

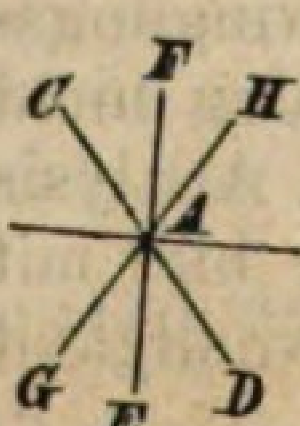


der bei *B* in zwei Strahlen *BC* und *BDE* gespalten wird. Diese beiden Strahlen erweisen sich nun merkwürdiger Weise als polarisirt, und zwar steht die Schwingungsebene des einen senkrecht auf der des andern. Wenn also der Strahl *BC* so schwingt, dass die Aethertheilchen in der durch die Querstriche angedeuteten Richtung, somit in der Ebene des Papieres sich bewegen, so schwingen die Theilchen in *DE* senkrecht zur Ebene des Papieres; wir können die Bewegung daher nur durch die in *DE* verzeichneten Punkte andeuten.

Um den Grund dieser Erscheinung etwas besser zu verstehen, wollen wir die Schwingungsweise eines gewöhnlichen Lichtstrahles näher betrachten.

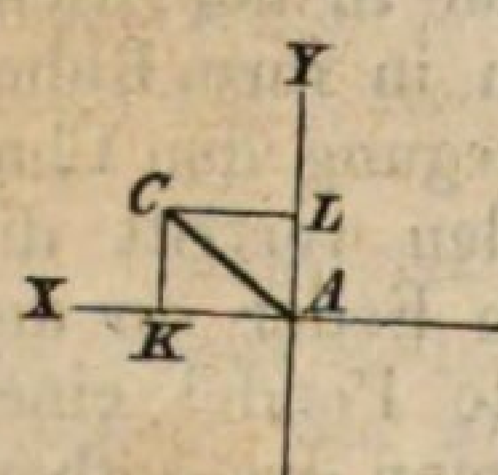
Es gehöre der Punkt *A* (Fig. 43) einem Lichtstrahle an, der senkrecht zur Ebene des Papieres, also von *A* zum Auge des Lesers fortschreitet. Wir haben eben gesagt, dass die Aethertheilchen in einem gewöhnlichen Lichtstrahle in allen möglichen zur Fortpflanzungsrichtung senkrechten Richtungen schwingen können. Die Linien *CD*, *EF*, *GH*, . . . in der Ebene des Papieres liegend, stellen uns dann solche Bahnen der Aethertheilchen dar. Wir wollen eine derselben, z. B. *CA* (in Figur 44), zur näheren Betrachtung wählen.

Fig. 43.



Das Aethertheilchen kann von *A* nach *C* (Fig. 44) auf verschiedene Art gelangen. Es kann von einer in der Richtung *AC* wirkenden Kraft direkt nach *C* gestossen werden; es kann aber auch durch eine längs *AK* wirkende Kraft zuerst nach *K* und hierauf durch eine ähnliche parallel zu *AL* wirkende nach *C* gebracht werden. Auch wenn diese beiden Kräfte *AK* und *AL* zugleich wirken, bringen sie das Theilchen nach *C*, nur eben nicht auf dem Wege *AKC*, sondern direkt auf dem Wege *AC*. Wir können uns die Verschiebung des Theilchens nach *AC* eben so gut durch eine Bewegung *AC* als durch zwei gleichzeitige Bewegungen *AK* und *AL* vollendet denken. Wie diese Bewegung *AC* können wir aber auch alle andern *EF*, *GH* (Fig. 43) zerlegt (*I.* §. 76) denken, jede in zwei Schwingungen, die eine parallel zu *AX* (Fig. 44), die andere zu *AY*. Statt des nach allen Richtungen schwingenden Strahles in Fig. 43 können wir somit einen nur nach zwei auf einander senkrechten Richtungen schwingenden annehmen, der mit jenem in der That identisch ist; der Unterschied liegt nur in der Art, wie man sich die Schwingungen vorstellt.

Fig. 44.



Da nun die zwei auf einander senkrecht schwingenden Theile oder Componenten des Lichtstrahles unter gewöhnlichen Verhältnissen immer vereinigt bleiben, also z. B. bei dem Eintritte in Glas beide gleich stark

gebrochen, d. h. von ihrer Richtung abgelenkt werden, so geben sie immer wieder denselben, gewöhnlichen Lichtstrahl. Nicht so ist es beim Eintritt des Strahles in einen Doppelspath-Krystall. Dieser bricht die beiden Componenten im Allgemeinen ungleich stark, so dass sie nach dem Austritt aus dem Krystall nicht mehr zusammenfallen, sondern gesondert fortschreiten und daher zwei Strahlenbündel bilden, die senkrecht auf einander polarisirt sind. Ein solcher Krystall bietet daher ein vortreffliches Mittel, polarisirtes Licht zu erhalten; man braucht nur den einen Strahl, nachdem er durch die Brechung von dem andern getrennt ist, ganz wegzuschaffen, wie diess z. B. beim Nicol'schen Prisma geschieht. Der übrig bleibende zweite Strahl ist dann streng nach einer Richtung polarisirt.

Das Nicol'sche Prisma repräsentirt ein Medium, das bloss nach einer gewissen Richtung schwingendes Licht durchlässt. Fällt daher ein Strahl, der schon durch ein Nicol'sches Prisma gegangen und dadurch in einer gewissen Richtung polarisirt ist, auf ein zweites Nicol'sches Prisma, so wird es von der relativen Stellung dieses zweiten zum ersten Prisma abhängen, ob und wie viel von dem durch das erste polarisirten Lichte durch das zweite gelangen kann. Steht dieses so, dass die Schwingungsrichtung des von ihm durchgelassenen Lichtes übereinstimmt mit der Schwingungsebene des von dem ersten Nicolischen Prisma kommenden Lichtes, so wird dieses vollständig durchgelassen. Stimmen diese beiden jedoch nicht überein, sondern steht z. B. die erstere auf der zweiten senkrecht, so wird von dem zweiten Prisma gar nichts durchgelassen, und obgleich beide Prismen im gewöhnlichen Sinne des Wortes durchsichtig sind, sieht man, wenn sie sich in dieser gegenseitigen Lage befinden, eben so wenig durch sie, als ob sie vollkommen undurchsichtig wären.

Ein solches Nicol'sches Prisma ist daher auch ein vortreffliches Mittel, um zu erkennen, ob ein gewisser Lichtstrahl polarisirt sei oder nicht. Man lässt den Lichtstrahl durch dasselbe in's Auge gelangen und dreht es dabei um sich selbst. Verschwindet das Licht bei einer gewissen Lage des Prisma, so ist das Licht vollständig in einer dieser Lage entsprechenden Richtung polarisirt. Aber man nennt das Licht auch dann polarisirt, wenn es nicht vollständig verschwindet; es schwingt alsdann nicht in einer einzigen Richtung; die auf dieser Richtung senkrechte Componente ist nicht wie bei vollständiger Polarisation null, sondern nur schwächer als jene erste. Die durch das Prisma gesehene Lichtquelle verschwindet dann beim Drehen des Prisma nicht vollständig, sie erscheint nur bei einer gewissen Lage am hellsten, bei einer auf dieser senkrechten am dunkelsten.

Wir kommen häufig in die Lage, Lichtstrahlen in Bezug auf ihre Polarisation zu untersuchen und daraus wichtige Schlüsse zu ziehen. So oft ein Lichtstrahl von irgend einem Körper reflectirt wird, zeigt das reflectirte Licht deutliche Polarisation, und wenn der Winkel, unter dem die Reflexion stattfand, eine durch die Natur des reflectirenden Körpers bestimmte Grösse erreicht, ist diese Polarisation sogar eine vollständige. Es geht dabei etwas Aehnliches vor, wie beim doppelbrechenden Kalkspath; die eine Componente des Lichtes wird stärker zurückgeworfen als die andere auf dieser senkrecht schwingend gedachte, und bei einem ge-

wissen Einfallswinkel wird sogar nur die eine Componente reflectirt, das reflectirte Licht ist dann vollständig polarisirt.

Man kann durch einen zweiten, zweckmässig aufgestellten Spiegel, den man um den vom ersten Spiegel kommenden Lichtstrahl als Axe dreht, dasselbe Erscheinen und völlige Verschwinden eines Lichtstrahles bewirken, wie mit den zwei Nicol'schen Prismen; in der That ist zwischen beiden Apparaten kein wesentlicher Unterschied: jeder Spiegel, jedes Prisma reflectirt oder lässt durch nur das Licht, welches in einer bestimmten Richtung schwingt, und findet sich in dem auffallenden Lichte keine solche Schwingung oder Componente einer solchen, so wird eben nichts reflectirt, beziehungsweise durchgelassen.

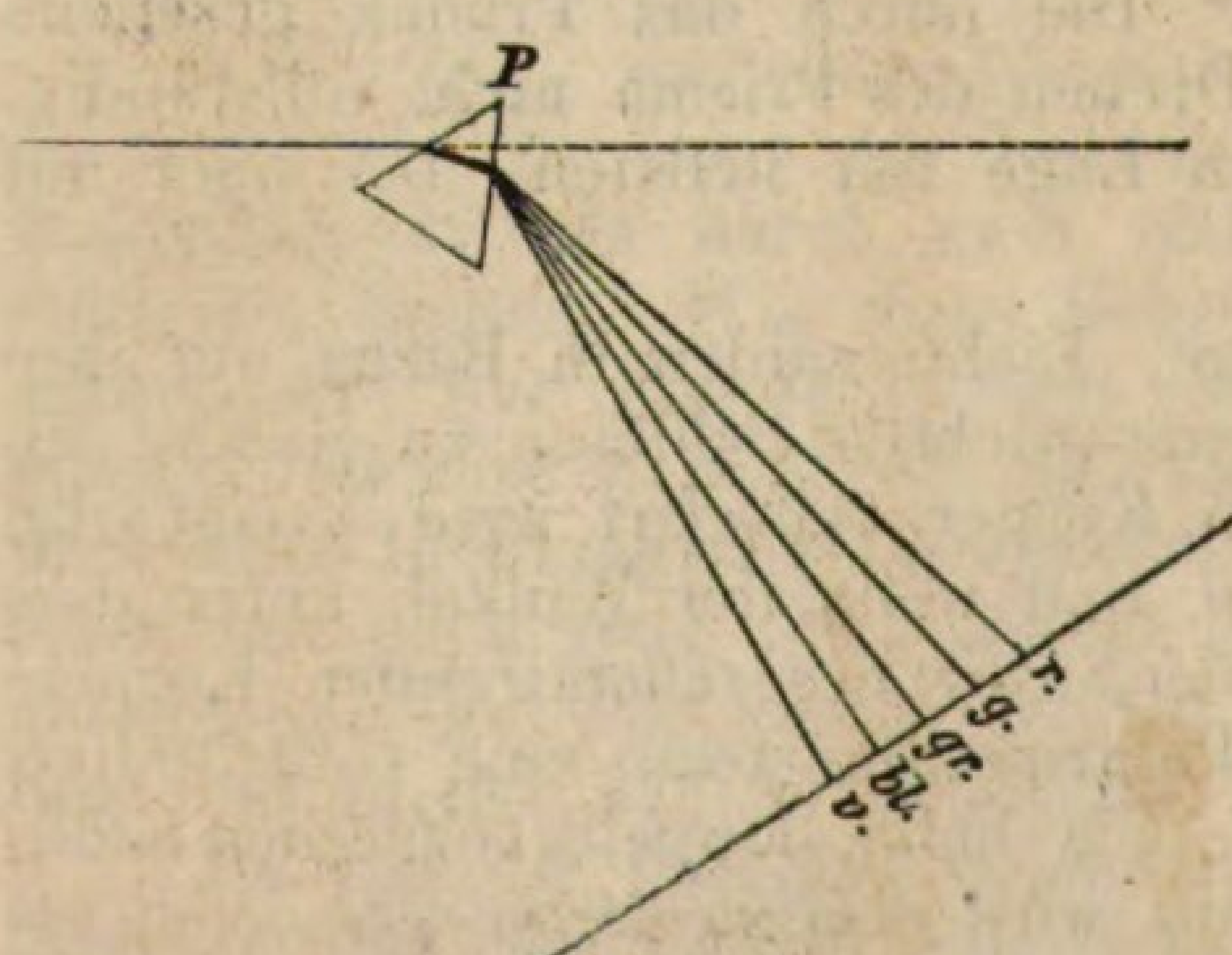
Die Prismen sind übrigens viel leichter zu handhaben, da man, ohne wie bei Spiegeln für die richtige Grösse des Reflexionswinkels sorgen zu müssen, nur durch sie durchzusehen braucht.

Aber nicht nur bei der Reflexion an festen oder flüssigen Körpern wird das Licht polarisirt; auch gasförmige Körper reflectiren das Licht, wenn auch viel unvollständiger als feste Körper, und polarisiren es dabei. Bekanntlich verdanken wir die Helligkeit des Himmels bei Tage dem Umstande, dass die Luft nicht vollkommen durchsichtig ist, sondern einen kleinen Theil des Lichtes, welches die Sonne durch sie sendet, nach allen Seiten reflectirt. Bei dieser Reflexion wird das Licht besonders an gewissen Stellen des Himmels, wo der Reflexionswinkel eine angemessene Grösse hat, sehr merklich polarisirt. Man braucht nur durch ein Nicol'sches Prisma auf den blauen Himmel zu sehen und dieses dabei um sich selbst zu drehen, um einen auffallenden Wechsel der Intensität des Lichtes zu bemerken.

§. 9. (Spectrum.) Wir wollen jetzt zur Betrachtung derjenigen Erscheinungen übergehen, die sich auf die Schwingungsdauer des Lichtes oder die Farbe beziehen.

Es ist bekannt, dass jeder Strahl weissen Lichtes zusammengesetzt ist aus einer Anzahl verschiedenfarbiger Strahlen, die man die Regenbogenfarben nennt und die der Reihe nach sind: roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett. Indem diese verschiedenfarbigen Strahlen neben einander, gleichsam in einander fortschreiten, gelangen sie immer zugleich in das Auge und rufen in ihrer Vereinigung den Eindruck des weissen Lichtes hervor. Lässt man jedoch einen weissen Strahl auf ein Glasprisma *P* (Figur 45) fallen, so werden zwar alle Strahlen durch dasselbe abgelenkt, d. h. in ihrer Richtung verändert, aber nicht alle gleich stark: es zeigt sich vielmehr, dass die Grösse der Ablenkung bei demselben Prisma nur von der Farbe des abzulenkenden Strahles abhängt; so wird Roth immer am wenigsten, Orange stärker u. s. w. und am stärksten Violett abgelenkt. Die Strahlen werden sich daher nach dem Austritte aus dem Prisma nicht mehr gegenseitig decken, sondern, auf

Fig. 45.



einem weissen Schirm aufgefangen, ein farbiges Bild erzeugen, welches die einfachen Lichtgattungen, die in ihrer Vereinigung den untersuchten weissen Lichtstrahl bildeten, neben einander zeigt und das Spectrum desselben genannt wird. Dass die Farben desselben wirklich einfach oder homogen seien, dass z. B. Grün nicht ein Gemenge von Blau und Gelb sei (die zusammen ja auch den Eindruck des Grünen erzeugen würden), kann man leicht nachweisen, wenn man den grünen Strahl abermals auf ein Prisma fallen lässt: er wird durch dasselbe nicht weiter zerlegt, sondern bleibt nach wie vor grün. Eben so leicht ist der Beweis zu führen, dass die Farben des Spectrums nicht etwa erst im Prisma entstanden, sondern dass weisses Licht eben nur eine Vereinigung dieser Farben sei: man braucht die letzteren nur durch eine Sammellinse wieder zu vereinigen, um sogleich weisses Licht zu bekommen.

Wenn nun, um bei dieser Erscheinung stehen zu bleiben, das Sonnenlicht ursprünglich weiss und nicht aus farbigen Strahlen zusammengesetzt wäre, welche Folgen würden aus einer solchen Einrichtung entstehen? Da ein farbiger, z. B. rother Körper nicht roth erscheint, weil er selbst rothes Licht erzeugt (sonst müsste er ja auch im Dunkeln roth erscheinen), sondern weil er von den Strahlen des weissen Lichtes, das auf ihn fällt, nur die rothen zurückwirft, alle übrigen aber zurückhält — so würden alle Körper, die jetzt in den verschiedensten Farben prangen, farblos sein; die ganze Natur würde ein bleifarbiges Ansehen haben und die tausendfältigen Genüsse, welche das uns jetzt umgaukelnde Farbenspiel gewährt, wären alle verloren.

Betrachten wir nun das auf die oben beschriebene Art entworfene Spectrum des Sonnenlichtes etwas aufmerksamer. Es erscheint uns im Allgemeinen als ein länglicher Streifen, der von einem Ende zum andern die oben angeführten Farben des Regenbogens zeigt; diese sind jedoch keineswegs scharf von einander getrennt, sondern gehen in einander durch alle Nuancen über; und hierauf stützen wir uns, wenn wir behaupten, dass das Sonnenlicht aus unendlich vielen Strahlengattungen bestehe, die wir nur der besseren Uebersicht wegen unter den sieben Regenbogenfarben zusammenfassen. Es ist daher auch ziemlich schwierig, die Grenzen der Farben anzugeben; nimmt man die Länge des ganzen Spectrums als Einheit an, so beträgt davon das rothe Licht ungefähr 0.12, das orangefarbene 0.07, das gelbe 0.13, das grüne 0.17, das hellblaue 0.17, das dunkelblaue 0.11 und das violette 0.23.

Wendet man jedoch bei der Hervorbringung des Sonnenspectrums besondere Behutsamkeit an; sorgt man dafür, dass an jeder Stelle des Spectrums wirklich nur Licht von einer Farbe sei, indem man in einiger Entfernung vom Prisma eine Spalte parallel zur Kante desselben aufstellt, so zeigt sich das Spectrum von einer grossen Menge gerader schwarzer Linien durchzogen, die senkrecht auf der längeren Seite des Rechteckes, das die Farben der Reihe nach begrenzt, also parallel zur kürzeren Seite, der Begrenzung des Rothen einerseits, des Violetten andererseits stehen. Schon Wollaston hatte im Jahre 1802 zwei der stärksten dieser Linien bemerkt; er verfolgte jedoch diese Entdeckung nicht weiter, bis mehrere Jahre später Fraunhofer, dem Wollaston's Entdeckung unbekannt war, mit besseren Mitteln darlegte, dass bei 600 solcher Streifen von verschiedener Dicke und Schwärze, die man nach



Fig. 46.

ihm die Fraunhofer'schen Linien nennt, im Sonnenspectrum vorhanden seien. Zur besseren Orientirung bezeichnete er die auffallendsten derselben vom Roth angefangen mit den Buchstaben *A*, *B*, *C*... bis *H*, und auf diese Stellen des Spectrums beziehen sich die früher (§. 7) angegebenen numerischen Werthe der Wellenlängen.

Mit unseren heutigen Hülfsmitteln wurden solcher Linien bereits über 2000 gezählt; und man muss erwarten, dass sich ihre Zahl mit der Vollkommenheit der zur Beobachtung angewandten Apparate, wie die Zahl der sichtbaren Fixsterne mit der Güte der Telescope, noch weiter vermehren wird.

Ein beiläufiges Bild des Sonnenspectrums und der zahllosen Fraunhofer'schen Linien soll Fig. 46 geben.

Man sieht diese Linien immer an demselben Orte des Spectrums, also in derselben Farbe sowohl als in derselben Distanz von den benachbarten Linien, welches Prisma's man sich auch zur Zerlegung des Lichtes bedienen mag; und da man im Spectrum eines künstlichen weissen Lichtes, z. B. einer Oellampe, keine ähnlichen Streifen bemerkt, so sind die Fraunhofer'schen Linien wesentlich von der Natur des Sonnenlichtes abhängig. Man muss nämlich aus jedem solchen schwarzen Streifen auf die Abwesenheit einer bestimmten Farbe im Sonnenlichte schliessen; denn wäre z. B. gar kein Orange vorhanden, so würde im Spectrum ein dunkler Raum von der Breite, den das Orange einnahm, erscheinen; fehlt aber nicht das ganze Orange, sondern nur eine einzige ganz bestimmte Nuance desselben, so wird sich diess im Spectrum ebenso kundgeben, nur wird der dunkle Raum viel schmäler sein und als scharfer Querstreifen oder als Fraunhofer'sche Linie erscheinen. Wie also der Chemiker einen zusammengesetzten Körper in seine Grundstoffe zerlegt und die Eigenschaften der letzteren, die sich in der Zusammensetzung gegenseitig aufheben oder modificiren, abgesondert untersucht, so können wir das zusammengesetzte weisse Licht in seine homogenen Strahlengattungen auflösen und jede der-

selben so betrachten, als ob sie allein vorhanden wäre, oder aus ihrem Fehlen gewisse sogleich näher zu erörternde Schlüsse ziehen.

Wenn man das Verfahren der Zerlegung des Lichtes, das Fraunhofer zuerst in vollkommener Weise auf das Sonnenlicht anwandte, zur Untersuchung irdischer Lichtquellen benützt, erhält man ebenfalls ganz bestimmte, wenn auch dem Sonnenspectrum sehr unähnliche Spectra. Jeder weissglühende feste oder tropfbarflüssige Körper gibt ein kontinuirliches Spectrum, das alle Farben von roth bis violett ohne die geringste Unterbrechung oder Querlinie zeigt. Nicht so bei einem in Dunstform erhitzten Körper. Schon lange ist bekannt, dass gewisse Salze, in einer intensiven Flamme verflüchtigt, dieser eine charakteristische Färbung ertheilen; man benützt ja diese Erscheinung in der Feuerwerkerei zur Hervorbringung der farbigen Flammen. Eine Analyse des Lichtes solcher gefärbter Flammen zeigt, dass die Lichtgattungen, die dieselben ausstrahlen, ganz bestimmt und für die färbenden Substanzen charakteristisch sind. Das gewöhnliche Kochsalz z. B., eine Verbindung von Chlor mit Natrium (und ebenso jede Natriumverbindung), gibt in eine durch zuströmende Luft schwach leuchtend, aber dafür um desto heisser gemachte Gasflamme gehalten ein Spectrum, welches aus einer einzigen hellen, gelben Linie besteht, alle andern Farben fehlen vollständig; Kalkverbindungen geben verschiedene orangefarbige, grüne und rothe Linien; Kupfer eine grosse Menge heller Linien vom rothen bis zum violetten Ende des Spectrums u. s. w. Es ist dabei einerlei, welche Verbindung des betreffenden Körpers man in die Flamme hält, wenn diese nur heiss genug ist, um die Verbindung zu verflüchtigen; auch ist im Allgemeinen das Spectrum nicht von der Natur der Flamme abhängig, so dass man letztere auch durch den elektrischen Funken ersetzen kann; nur lässt eine höhere Temperatur manche Linien deutlicher hervortreten als eine niedere.

Da diese Erscheinungen so bestimmt und für die untersuchte Substanz so charakteristisch sind, so sieht man leicht ein, dass man auf dieselbe ein Verfahren gründen kann, um in kurzer Zeit die Bestandtheile einer Verbindung, die fähig sind ein Spectrum zu liefern, anzugeben. Wenn man nämlich nicht eine Verbindung, wie z. B. Chlornatrium, sondern ein Gemenge vieler Stoffe in die Flamme hält, so werden zwar die Spectrallinien dieser Stoffe alle zugleich erscheinen, allein durch Messung ihrer Lage, durch ihre Farbe und wechselseitige Gruppirung wird man immer leicht erkennen, welcher Stoff in der untersuchten Substanz jede der Linien hervorgerufen habe.

Dieses Verfahren, das man passend Spectralanalyse benennt, zeichnet sich nicht nur durch Schnelligkeit und Bequemlichkeit der Ausführung (da ein einziger Blick dasselbe lehrt, wie sonst eine weitläufige chemische Analyse), sondern auch durch eine ausserordentliche Empfindlichkeit aus. Man kann auf diesem Wege noch Quantitäten eines Stoffes nachweisen, die so gering sind, dass keine chemische Analyse dieselben je gefunden haben würde. Es sei des Beispiels halber erwähnt, dass $^1/_{150000000}$ eines Lothes Chlornatrium noch eine sehr deutliche Linie im Spectrum erscheinen lässt. Dürfen wir uns daher wundern, wenn man in der kurzen Zeit, seit die Spectralanalyse in Gebrauch gekommen ist, nicht nur schon bekannte Grundstoffe dort nachwies, wo man dieselben früher nie voraussetzte, z. B. das Lithium in der Cigarrenasche, sondern

sogar schon drei neue Metalle, Caesium, Rubidium und Thallium auf diesem Wege entdeckt hat?

Die bisher beschriebenen Erscheinungen sind weit länger bekannt, als man gewöhnlich glaubt; denn schon J. Herschel gab in den *Edinburgh Philosophical Transactions* von 1822 die Grundzüge der Spectralanalyse, die Vortheile ihrer Anwendung in der Chemie mit klaren Worten an. Sonderbarerweise blieb diess jedoch gänzlich unbeachtet, bis in neuester Zeit Kirchhoff und Bunsen abermals die Wichtigkeit der Spectralerscheinungen hervorhoben, zugleich aber denselben eine neue Seite abgewannen, die nicht nur für die Chemiker und Physiker, sondern auch für die Astronomen von höchstem Interesse ist. Sie unternahmen nämlich eine umfassende Vergleichung des Sonnenspectrums mit den Flammenspectren, und fanden, dass eine grosse Zahl der dunkeln Fraunhofer'schen Linien genau dieselbe Stelle im Spectrum einnehmen, wie die lichten Linien gewisser Flammenspectren. So fanden sie die von Fraunhofer mit *D* bezeichnete Doppellinie im Gelb genau korrespondirend der gelben Linie des Natriums, die ihr stärkerer Apparat ebenfalls in zwei Linien auflöste. Sie schlossen daraus auf das Vorhandensein von Natriumdämpfen in der Atmosphäre der Sonne, und stützten diese Ansicht durch folgenden Versuch.

Wenn man ein Stück Kalk durch ein sogenanntes Knallgasgebläse, d. i. eine Wasserstoffflamme, die durch zuströmendes Sauerstoffgas angefacht wird, zur höchsten Weissglühhitze bringt, und das blendende Licht, welches das keiner Verflüchtigung fähige Kalkstück dann ausstrahlt, auf den Spectralapparat fallen lässt, erhält man, wie nach früher Gesagtem zu erwarten, ein durchaus continuirliches Spectrum. Lässt man aber die von dem Kalkstücke ausgehenden Strahlen, bevor dieselben zum Spectralapparate gelangen, durch eine Flamme streichen, die durch Natriumdämpfe gelb gefärbt ist, so erscheint eine dunkle Doppellinie im gelben Theile des Spectrums genau an derselben Stelle, wo die helle Doppellinie der für sich betrachteten Natriumflamme sich zeigt. Die Flamme fing also, während sie alle anderen Farben ungehindert durchliess, die Strahlen des durchgehenden Lichtes, die dieselbe Farbe besassen wie sie selbst, auf, und zwar fing sie deren mehr auf, als sie vermöge ihrer eigenen Leuchtkraft aussendete, sonst könnten die Stellen des Spectrums, die diese Farbe enthalten, nicht dunkler erscheinen als ihre Umgebung. Aehnliches gilt auch von anderen gefärbten Flammen: wenn man hinreichend intensives, weisses Licht durch sie leitet, erscheinen die früheren hellen Spectrallinien dunkel auf hellem Hintergrunde. Auch kann man den glühenden Kalkcylinder durch das Sonnenlicht ersetzen; macht man dann den Versuch mit einem Stoffe, dessen Spectrallinien keine Fraunhofer'schen Linien entsprechen, so erscheinen an den betreffenden Stellen dunkle, den Fraunhofer'schen ganz ähnliche Linien; entsprechen aber den Spectrallinien des angewendeten Stoffes Fraunhofer'sche Linien, so werden diese durch Zwischensetzung der Flamme auffallend stärker und schwärzer.

Da wir sonach im Stande sind, den Fraunhofer'schen vergleichbare dunkle Linien im Sonnenspectrum hervorzurufen, wird auch die Erklärung jener selbst keiner Schwierigkeit mehr unterliegen. Wir müssen annehmen (was ja auch andern Beobachtungen entspricht), dass um einen weissglühenden festen oder tropfbarflüssigen Sonnenkern eine At-

mosphäre sich befinde, die bei der überaus hohen Temperatur der Sonne Stoffe in Dunstform aufgelöst enthält, die wir auf unserer Erde nur in festem oder tropfbarflüssigem Zustande kennen. Diese Dämpfe absorbiren, indem das an und für sich ein continuirliches Spectrum gebende Licht des Kernes durch sie geht, gewisse Farbennuancen desselben, gerade so wie die Natriumflamme die gelben Strahlen des Kalklichts, und veranlassen so die Fraunhofer'schen Linien.

Die grosse Zahl dieser Linien darf uns nicht wundern, wenn wir bedenken, wie viele, uns vielleicht noch ganz unbekannte Stoffe in der Sonnenatmosphäre existiren; es haben ferner die wenigsten Stoffe ein so einfaches Spectrum wie die Doppellinie des Natriums; Eisen z. B. bietet ein Spectrum, welches aus nicht weniger denn 60 Linien besteht. Eine zweckmässig vorgenommene Vergleichung dieser Linien mit dem Sonnenspectrum lehrt uns in der That, dass alle sechzig eben so vielen Fraunhofer'schen Linien korrespondiren. Indem Bunsen und Kirchhoff viele solche Vergleichungen vornahmen, gelangten sie zu folgenden Resultaten:

Natrium, Magnesium, Calcium und Eisen sind sicher in der Sonnenatmosphäre vorhanden. Weniger gewiss oder in geringerer Menge, da nicht alle ihre Linien im Sonnenspectrum vorkommen, ist diess der Fall mit Kupfer, Zink und Baryum. Gar keine Uebereinstimmung mit Fraunhofer'schen Linien zeigen die Spectra von Gold, Silber, Quecksilber, Aluminium, Cadmium, Zinn, Blei, Antimon, Arsen, Strontium, Lithium und Silicium.

Nachdem man auf diese Art wichtige Aufschlüsse über die Constitution der Sonne erhalten hat, wird es für den Astronomen von grösster Wichtigkeit sein, andere Himmelskörper auf ähnliche Art zu untersuchen. Der Mond und die Planeten geben, da sie nur oder doch grösstentheils in dem Lichte leuchten, welches sie von der Sonne erhalten, dasselbe Spectrum wie diese. Nicht so die Fixsterne. Die Spectra derselben sind eben so verschieden unter einander, als dem Sonnenspectrum unähnlich.

Manche Fixsterne zeigen beinahe keine Querstreifen, andere breite, schwarze Bänder. Im Spectrum des Sirius z. B. unterscheidet man schon mit ganz geringen Beobachtungsmitteln einen dicken schwarzen Streifen im Grün und einen ebensolchen im Violett. Besonders interessant ist dabei der Umstand, dass sich viele, wenn auch am Himmel weit von einander stehende Sterne nach ihren Spectren in Gruppen eintheilen lassen, in denen diese oder jene Linien vorherrschen. Man kann bei der Neuheit dieser Untersuchungen gar nicht absehen, welche Enthüllungen über die Entstehung der Fixsterne, ihre Gruppirung im Weltenraume, ihre Zusammensetzung, Bewegung u. s. w. von dieser Seite noch zu erwarten sind.

In der That eröffnen uns die Spectralerscheinungen bisher völlig unbekannte Gebiete der Forschung. Wer dachte wohl je beim Anblick eines Regenbogens, dass die Natur weitreichende Aufschlüsse in diess wechselnde Farbenspiel mit so deutlichen Zügen geschrieben habe! Wir lesen in diesem Zeichen nicht nur was auf Erden in den kleinsten Theilchen der Körper vor sich geht: was in den fernsten Himmelsräumen sich befindet ist uns darin erschlossen, was uns bisher unerreichbar und unerforschbar schien, ist eröffnet, seit die jüngere Schwester der Astrono-

mie, die Physik, den Schlüssel gefunden und ihn Uranien dargeboten hat.

§. 10. (Unsichtbare Theile des Spectrums.) Aber die Wissenschaft hat sich nicht begnügt, das Sichtbare zu betrachten, sie hat unsern Gesichtskreis auch auf das Unsichtbare ausgedehnt und dieses unseren Sinnen zugänglich gemacht.

Wir haben bis jetzt nur die Aetherschwingungen besprochen, die sich uns als Licht kundgeben. Mehr als 778 Billionen Schwingungen in der Sekunde bringen nicht mehr den Eindruck des Lichtes hervor. Demungeachtet ist durchaus kein Grund vorhanden, warum der Aether gar keine solchen Schwingungen annehmen sollte, wenn auch unser Auge dieselben nicht mehr empfindet. Aber ganz wirkungslos sind solche Strahlen, die noch schneller als Violett schwingen, denen wir daher im Spectrum einen Platz jenseits des Violett anweisen, denn doch nicht. Man kann die Gegenwart solcher ultravioletter Strahlen im Sonnenlichte recht gut nachweisen.

Bekanntlich hat das Licht die Fähigkeit, in manchen Verbindungen gewisse chemische Veränderungen hervorzurufen; es beruht ja hierauf die schöne Kunst der Photographie. Bringt man eine solche für das Licht empfängliche Substanz, z. B. ein mit weissem Chlorsilber überzogenes Papier, an's Licht, so wird das Chlorsilber zersetzt und feinvertheiltes, daher schwarzes Silber scheidet sich ab. Benützt man dasselbe Papier als Schirm, um das Spectrum aufzufangen, so bildet sich dieses mit allen Fraunhofer'schen Linien darauf ab, allein die Stelle, die dem Roth ausgesetzt ist, wird nur sehr langsam schwarz, schneller die Stelle im Gelb; am schnellsten und stärksten aber wird der Theil des Papieres schwarz, der schon ganz ausserhalb des Violetten liegt, so dass man den an und für sich unsichtbaren ultravioletten Theil des Spectrums auf dem Chlorsilberpapier noch weit hinaus verfolgen kann. Man sieht daraus, dass die unsichtbaren, ultravioletten Strahlen es sind, denen die grösste chemische Wirksamkeit zukommt, und nennt deshalb den ultravioletten Theil des Spectrums auch vorzugsweise das chemische Spectrum. Es erweist sich dasselbe geradezu als eine Fortsetzung des sichtbaren Spectrums; wie dieses hat auch es seine Fraunhofer'schen Linien, ja man findet hier deren beinahe noch breitere und schönere und bezeichnet die auffallendsten derselben im Anschlusse an die Linien des immer sichtbaren Spectrums mit *I*, *K*, *L* . . .

Noch eine andere, nicht minder interessante Erscheinung bestätigt die Existenz der ultravioletten Strahlen. Es gibt nämlich gewisse Stoffe, welche die merkwürdige Eigenschaft zeigen, die Schwingungszahlen der für unser Auge unsichtbaren Strahlen so weit herabzusetzen, dass diese sichtbar werden. Bestreicht man z. B. ein weisses Papier mit einer Lösung von schwefelsaurem Chinin, wodurch es dem Ansehen nach nicht verändert wird, und bringt es hierauf in den dunklen Raum jenseits des violetten Endes des Spectrums, so leuchtet es, obschon anscheinend gar kein Licht darauf fällt, in schön blauem Lichte. Indem es die an und für sich von unserem Auge nicht empfundenen Strahlen reflectirte, machte es deren Schwingungen so weit langsamer, dass wir sie als Blau wahrnehmen können. Wo gar keine Schwingungen hinfallen, da nützt auch das Herabsetzen der Schwingungszahl nichts, die Stelle bleibt dunkel; daher erscheinen auch hier die bereits erwähnten Fraunhofer'-

schen Linien *I*, *K*, *L* ... in ausgezeichneter Schönheit auf dem blauen Hintergrunde. Wie das schwefelsaure Chinin zeigen auch andere Stoffe ähnliches Verhalten, nur setzen sie die Schwingungszahl verschieden stark herunter; nach dem Flussspathe (einer Verbindung des Fluor mit Calcium) nennt man die Erscheinung überhaupt Fluorescenz.

Wenn die jenseits des Violett liegenden Strahlen eine so entschiedene Wirkung besitzen, sollen nicht auch die auf der anderen Seite des Spectrums, jenseits des Roth fallenden Schwingungen ihre Gegenwart zu erkennen geben? Das Sonnenlicht leuchtet nicht nur, es bringt nicht nur chemische Veränderungen hervor — es wärmt auch. Wenn man nun das Spectrum durch ein Prisma aus klarem Steinsalze, welches die Wärmestrahlen vollkommen durchlässt, was Glas keineswegs thut, entwickelt und die Verschiedenheit der wärmenden Kraft jeder Farbe mittelst eines Thermometers prüft, so erhält man das überraschende Resultat, dass die wärmste Stelle im dunklen Raume jenseits des Roths liege, dass dieser Raum also von Strahlen erfüllt sei, die unser Auge zwar eben so wenig wahrnimmt als die ultravioletten, die aber dafür unser Gefühl als Wärme empfindet.

Wie wir von demselben Stoffe zweierlei, Geruch und Geschmack, unterscheiden, je nachdem Theilchen desselben an unsere Geruchs- oder Geschmacksnerven gelangen, so empfinden wir Aetherschwingungen mit Hülfe der Gesichts- und Gefühlsnerven als Licht und Wärme; der Unterschied liegt nur in der Einseitigkeit unserer Sinneswerkzeuge. Diese Ansicht über die Identität von Licht und Wärme wird gestützt durch eine grosse Anzahl von Versuchen, die ausgezeichnete Physiker, insbesondere Melloni, hierüber angestellt haben. An scharfsinnig zusammengestellten Apparaten zeigten sie nämlich, dass die wichtigsten Erscheinungen des Lichtes, wie Brechung, Interferenz, Polarisation, sich für Wärmestrahlen genau wie für Lichtstrahlen darstellen lassen, dass diese daher, da alles was von ihnen auch von jenen gilt, mit jenen der Wesenheit nach einerlei seien.

§. 11. (Erhaltung der lebendigen Kraft.) Wir sind jetzt abermals, wiewohl auf ganz anderem Wege, darauf hingedrängt worden, dass die Wärme nicht als Stoff, sondern als Bewegung zu betrachten sei. Durch die weitere Verfolgung und Ausführung dieser Idee hat die Lehre von dem imponderablen Licht- und Wärmestoff vor wenigen Jahrzehnden einen unheilbaren Stoss erlitten, der in seiner Rückwirkung zur Einführung von zwei neuen Principien Anlass gab, dem der Erhaltung der Kraft und dem der Vicariirung der Kräfte, zwei Principien, die hauptsächlich auf Anregung von J. R. Mayer in Heilbronn einen grossen Theil der Physik vollständig umgestalteten.

Bereits seit längerer Zeit betrachtete man es, nach Lavoisier, als feststehende Thatsache, dass durch keinen, wie immer gearteten Vorgang von dem im Weltraume verbreiteten Stoffe irgend etwas vernichtet oder neue Materie gebildet werden könne. Allein mit dem im Weltraume vorhandenen Agens, das sich durch Bewegung manifestirt und durch die Grösse derselben, oder durch die geleistete Arbeit gemessen wird, nämlich mit der Kraft, nahm man es bisher nicht so genau. Man setzte voraus, Kraft könne durch eine Reihe von Prozessen entstehen und durch andere Prozesse wieder eben so spurlos vernichtet werden. Dieser Anschauungsweise tritt nun die neuere Physik entgegen, indem sie von

dem Grundsatze ausgeht, bei der Erschaffung der Materie sei dieser eine Summe von Kräften mitgegeben, die in ihrer Gesammtheit nicht minder unveränderlich und unzerstörbar sind, als der Träger derselben, die Materie. Allein so wie die Materie gewissen Metamorphosen unterliegt, welche die Erscheinung derselben, nicht aber ihre Wesenheit umgestalten, so ist diess in gleicher Weise mit der Kraft der Fall. Wie z. B. durch chemische Prozesse Sauerstoff und Wasserstoff zu einem neuen Körper, Wasser genannt, sich zusammensetzen können, der dem äussern Anscheine nach nicht die geringste Aehnlichkeit mit einem der beiden ihn constituirenden Elemente besitzt, obwohl von keinem derselben auch nur ein Atom in Verlust gerathen, so kann man auch auf verschiedene Arten die Erscheinungsform der Kraft umgestalten, z. B. durch Reibung die progressive Bewegung des Körpers in eine undulirende der kleinsten Theilchen, nämlich Wärme umändern, ohne dass dabei irgend ein Verlust an Kraft eintritt. Und so wie es bei der Materie durch geeignete Mittel gelingt, die ursprüngliche Erscheinungsform wieder herzustellen, nämlich, um das frühere Beispiel fortzuführen, Wasser abermals in seine Elemente: Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen, ebenso kann man diess auch bei der Kraft bewirken; man kann die Wärme durch geeignete Mittel, z. B. durch eine Dampfmaschine, wieder in Kraft umsetzen.

Nun zeigten genaue Untersuchungen, dass eine gewisse Wärmemenge, welche zur Erzeugung von Bewegung benützt wurde, genau wieder zu erhalten sei, wenn man die Bewegung durch geeignete Mittel, z. B. durch Reibung, wieder in Wärme umsetzt. Es verhält sich hiermit wie mit den Gegenständen unseres Handels; Goldstücke und ein Edelstein sind scheinbar sehr verschiedene Dinge, und doch kann man eines gegen das andere austauschen und wieder zurücktauschen. Was nun in der Handelswelt der Geldwerth ist, das wird in der mechanischen Theorie der Wärme *lebendige Kraft* genannt. Dieselbe kann unter den mannigfaltigsten Gestalten auftreten, gerade so wie sich ein Geldwerth in Silber, Gold oder Edelsteinen darstellen lässt. Und wie sich das Verhältniss des Werthes, z. B. eines Diamanten zu dem des Silbers ausdrücken lässt, so lässt sich auch angeben, wie viel Kraft man erhält, wenn man eine bestimmte Menge Wärme in Kraft umsetzen will. Man hat so gefunden, dass eine Wärmeeinheit, d. i. eine Wärmemenge, welche die Temperatur von 1 Pfund Wasser um 1° C. erhöht, in Kraft umgesetzt 1338 Fusspfund, d. h. eine Kraft gibt, die 1338 Pfund in einer Sekunde 1 Fuss hoch hebt. Diese Zahl, gleichsam der Preis der Wärme im Münzfusse der Kraft, gibt also an, wie viel Kraft eine Wärmeeinheit repräsentirt, oder wie viel Kraft einer Wärmeeinheit gleichwerthig ist; man nennt sie desshalb das mechanische *Aequivalent der Wärme*.

In der Wirklichkeit lässt sich jedoch dieser Umtausch nicht so ziffermässig richtig bewerkstelligen; man wird immer mit gewissen scheinbaren Verlusten zu thun haben. Es ist auch hierin wie beim Kaufen und Verkaufen einer Sache: wenn uns z. B. die Erwerbung eines Edelsteines reut, und wir denselben wieder verkaufen wollen, so wird der Juwelier uns keineswegs die Summe auszahlen, die wir ihm für den Edelstein einhändigten, sondern weniger. Was hier die Procente sind, deren Verlust wir uns bei jedem Kauf oder Verkauf gefallen lassen müssen, das ist bei dem Umtausche von Kraft in Wärme oder umgekehrt

die Reibung und andere scheinbare Verluste; aber das Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft wird dadurch nicht umgestossen, denn weder jene Procente noch der beim Reiben in Wärme sich umsetzende Theil der Kraft sind für die Gesammtheit verloren, nur für uns oder für den Zweck, den wir gerade im Auge haben, sind sie im Augenblick verschwunden.

Bewegung und Wärme sind aber keineswegs die einzigen Formen, welche die lebendige Kraft annehmen kann. Eine andere ist z. B. chemische Verwandtschaft. Wir verstehen darunter das Bestreben zweier Körper, sich mit einander zu verbinden. Im Augenblicke der Verbindung entsteht immer eine gewisse Quantität Wärme. Kohle z. B. verbrennt mit dem Sauerstoffe der Luft, wie wir wissen, bei bedeutender Wärmeentwicklung zu Kohlensäure. Sauerstoff und Kohlenstoff, überhaupt zwei Körper, die sich mit einander zu verbinden fähig sind, getrennt, repräsentiren also ein gewisses Capital lebendiger Kraft in der Form chemischer Anziehung, die leicht in die Form der Wärme umzusetzen ist. Lässt man die Kohle mit dem Sauerstoff verbrennen, so gibt man das Capital aus, allein man erhält eine Wärmemenge dafür, die eben so viel werth ist wie jenes Capital, für die man daher jenes Capital jeden Augenblick durch geeignete Mittel wieder umtauschen kann.

Diess gilt aber nicht nur von solchen chemischen Verwandtschaften, die sich mit Flamme offenbaren; in unserem Körper geht fortwährend ein ähnlicher Prozess vor sich. Alle unsere Nahrungsmittel sind verbrennbar, d. h. sie sind fähig, sich noch mit Sauerstoff zu verbinden, wenn man sie auch wegen der Feuchtigkeit, die sie enthalten, nicht direct anzünden kann. Wir athmen den Sauerstoff der Luft ein; in den Lungen kommt er mit den aus den Nahrungsmitteln gewonnenen Säften, die noch freien, d. h. noch nicht mit Sauerstoff verbundenen Kohlenstoff enthalten, zusammen; diese verbinden sich mit dem eingeathmeten Sauerstoff, d. h. sie verbrennen mit demselben zu Kohlensäure, die ausgeathmet wird; bei dieser Verbrennung entsteht aber fortwährend Wärme, und diese ist es, die dem thierischen Körper Ersatz leistet für die Wärme, die er immerfort an seine Umgebung verliert. Daher ist es begreiflich, dass der Neger sich mit einer Hand voll Reis als tägliche Nahrung begnügt; er gibt wenig Wärme an seine Umgebung ab, braucht also deren nicht viel zu entwickeln. Der Bewohner kalter Zonen entschädigt sich für die grosse Menge Wärme, die ihm seine eisige Umgebung entzieht, durch den Genuss des kohlenstoffreichen Thranes, und die Vorliebe nordischer Völker zu den an brennbaren Bestandtheilen so reichen, geistigen Getränken hat nicht etwa darin ihren Grund, dass diese ihnen zufällig munden — sie sind ihnen Lebensbedürfniss.

Wenn nun bei jeder chemischen Vereinigung Wärme frei wird, was geschieht denn, wenn man die entstandene Verbindung wieder zu zerlegen, das Brennmaterial wieder herzustellen versucht? Bei der Verbrennung tauschte man chemische Kraft gegen Wärme um; soll jetzt der Tausch rückgängig gemacht werden, so muss man offenbar auf die bei der Verbrennung erhaltene oder eine dieser gleiche Wärmemenge Verzicht leisten. Diese, welche ja nur eine Form der lebendigen Kraft ist, wird dann dazu verwandt, die Kraft, mit welcher sich z. B. in obigem Falle Sauerstoff und Kohlenstoff in der Kohlensäure einander fest-

halten, zu überwinden und diese zwei Stoffe wieder zu trennen; sie verschwindet dabei für den Augenblick, wird aber wieder erhalten, sobald man die getrennten Bestandtheile sich wieder verbinden lässt.

Kehren wir jetzt zum Haushalte der organischen Welt zurück und wenden wir das eben Gesagte auf denselben an. Wenn das Produkt der im thierischen Körper vor sich gehenden Verbrennung, die Kohlensäure, nicht irgend wie wieder zerlegt würde, müsste wohl bald der Zeitpunkt erscheinen, wo alles Verbrennbare aufgezehrt, alles thierische Leben unmöglich gemacht würde. Dem hat aber die Natur vorgebaut. Sie ordnete den Kreislauf des Stoffes so an, dass, indem sie den Akt der Verbrennung dem Thiere zur Erhaltung seiner Lebensthätigkeit zuwies, der Pflanze das Amt der Zerlegung des Verbrennungsproduktes, der Regeneration des Brennstoffes übertragen wurde. Es lässt sich der letztere Vorgang durch einen einfachen Versuch direct nachweisen. Wenn man unter eine luftdicht abgesperrte und mit etwas Kohlensäure erfüllte Glasglocke eine lebende Pflanze bringt und die Sonnenstrahlen auf dieselbe fallen lässt, so findet man nach einiger Zeit unter der Glocke keine Kohlensäure mehr; dieselbe wurde dort zerlegt, und nur einer ihrer Bestandtheile, der gasförmige Sauerstoff, findet sich unter der Glocke vor; den Kohlenstoff hat die Pflanze in sich aufgenommen und zur Weiterbildung ihres Holzes oder ihrer Blätter verwendet. Aber die Wärmemenge, die nach Obigem zur Trennung der Kohlensäure in Sauerstoff und Kohlenstoff nothwendig ist, die bei diesem Prozesse gebunden wird, hat die Pflanze nicht etwa selbst erzeugt; der Umstand, dass das angeführte Experiment nur im Sonnenlichte gelingt, weist klar darauf hin, dass die Sonne die erforderliche Wärmemenge geliefert hat; die Pflanze hat nur die Licht- und Wärmestrahlen der Sonne in den Wärmevorrath umgesetzt, den die nun getrennten Bestandtheile der Kohlensäure repräsentiren.

Wir erkennen hier eine jener wunderbaren Einrichtungen, durch welche die Natur trotz aller scheinbarer Veränderungen sich in ewiger Jugend erhält. Das Thier verwendet die Produkte des Pflanzenreiches zu seiner Nahrung und verbraucht die durch deren Verbrennung entstehende Wärme; die Pflanze ist die Werkstätte, in der die Produkte jener Verbrennung wieder zerlegt und abermals der Verbrennung fähig gemacht werden.

Die Pflanze erscheint sonach nur als Vermittlerin zwischen dem Thiere und der belebenden Kraft der Sonne, der wir unser Dasein und unsere Lebenskraft in letzter Instanz verdanken. Aber nicht nur wir lebende Wesen sind von ihr abhängig; die ganze Natur würde in dumpfe Ruhe versinken, wenn diese Quelle lebendiger Kraft nicht unaufhörlich sie belebte. Beinahe für alles, was auf der Erde Bewegung, Veränderung verursacht, ist nur sie der letzte Grund. Seit Jahrtausenden fliessen die Bäche von den Bergen und eilen in Strömen dem Ocean zu; die Sonnenwärme verwandelt sie dort in Dunst und ertheilt ihnen dadurch die Kraft, sich wieder in die Wolken zu erheben, um ihren Lauf von neuem zu beginnen. Der wüthende Orkan wie der sanfte Zephyr werden veranlasst durch die Temperaturunterschiede, die die wärmende Kraft der Sonne hervorruft. Der Müller wie der Schiffer zehren von ihren Wohlthaten; und wenn wir jetzt mit Hülfe des Dampfes die Welt durchfliegen, geschieht diess mit der Kraft, die die Sonne vor Jahrtausenden

in den Steinkohlen angehäuft, die wir in Wärme und hierauf in Bewegung umsetzen. Sogar der elektrische Funke, der neben uns hinfliegend der Ausdehnung des Raumes zu spotten scheint, rührt von ihr; denn Elektricität ist eben auch nur eine Form der lebendigen Kraft, und bei ihrer Erzeugung geht in der galvanischen Batterie eine Verbrennung vor sich, deren Material wieder von der Sonnenwärme geliefert wird.

So hat die Fülle lebendiger Kraft, die in den mannigfaltigsten Formen über unsere Erde dahin zieht, immer in der Sonne ihren Ursprung; sie allein ist die Quelle alles Lebens nicht nur auf der Erde, sondern in unserem ganzen Planetensysteme. Und doch kann auch sie nach dem Principe der Erhaltung der lebendigen Kraft nicht aus sich allein fortwährend Licht und Wärme spenden. Die geheimnissvollen Fäden, die die Sonne an andere Systeme knüpfen, die Wege, die ihre Strahlen gehen, nachdem sie durch die verschiedenartigsten Verwandlungen auf der Erde oder andern Planeten den Zwecken lebender Wesen gedient, die Räume, in die sie zurückströmen, um mit erneuter Wirksamkeit in ewigem Schwunge dieselbe Bahn zu durchlaufen, können wir jedoch mit unseren schwachen Kräften noch nicht ergründen; aber freuen wollen wir uns, dass wir in jenen Strom verflochten sind, und dass unserem Geiste die Herrschaft über ihn, so lange er auf unserem irdischen Gebiete verweilt, ertheilt ist.

§. 12. (Vergleichung der Wichtigkeit von Licht und Wärme.) Nachdem wir im Vorigen uns überzeugt haben, dass Licht und Wärme höchst wahrscheinlich nur in der Art, wie wir ihrer bewusst werden, sich unterscheiden, wollen wir uns noch fragen, welche der beiden Erscheinungen für uns grössere Bedeutung hat.

Ohne Sonnenlicht wäre die Erde, wären alle Himmelskörper unseres Planetensystemes von ewiger Nacht bedeckt, ohne Sonnenlicht entbehrten wir den tausendfältigen Nutzen und Genuss, den uns jetzt die Farben bieten. Immerhin aber könnten die meisten organischen Wesen, wenigstens eine Zeit durch, auch wohl ganz ohne Licht leben. Unzählige Operationen der Natur gehen eben so gut und thätig im Lichte, als bei dessen Abwesenheit vor sich. Der Mangel desselben, wo er z. B. bei der Blindheit der Thiere als Krankheit eintritt, hindert die andern Functionen ihres Körpers keineswegs an ihrer Thätigkeit, und die geistige Kraft des Menschen wird dadurch zuweilen sogar erhöht, wie wir bereits mehrere glänzende Beispiele von blinden Dichtern, wie Homer und Milton, und selbst von blinden Mathematikern, wie Saunderson und Euler, anführen könnten, bei welchen der Verlust ihres Augenlichtes den Verstand und die Einbildungskraft nur noch zu schärfen schien. Das Licht ist demnach gleichsam nur ein Gegenstand des Luxus der Natur, und wenigstens für viele Dinge und auf längere Zeit entbehrlich. Daher spendet es auch die Natur nicht mit unbegrenzter Freigebigkeit, sondern sie beobachtet dabei jene zurückhaltende Oeconomie, die sie sich bei allen den Gaben vorzuschreiben pflegt, die bloss das Vergnügen ihrer Geschöpfe, nicht aber die unentbehrlichen Bedürfnisse derselben zum Zwecke haben.

Die Wärme hingegen hat sie überall und für alle mit der freigebigsten Hand ausgetheilt. Dieses Geschenk findet sich zu allen Zeiten und an allen Orten. Jeder Körper, selbst der unorganische, selbst der luftförmige enthält sie in reichlichem Masse. Die todte Masse des

Wassers, der Erde, der Steine, und was wir sehen, was wir nur durch irgend einen unserer Sinne erkennen, ist damit angefüllt. Dem Einflusse der Wärme ist alle jene endlose Verschiedenheit der Gestalten zuzuschreiben, die über die Erde verbreitet sind. Unser Festland, unsere Meere und Flüsse, unsere Atmosphäre selbst könnten nicht einen Augenblick so bleiben, wie sie sind, wenn ihnen die Wärme entzogen würde, und alles würde, ohne sie, in eine rohe, starre, formlose Masse zusammenfallen. Die Luft, die uns umgibt, müsste, sobald ihr die Wärme entzogen würde, in eine dicke, harte Rinde zusammenschrumpfen, welche die Erde rings umschliessen, und alle ihre Geschöpfe in ein einziges, grosses, undurchdringliches Grab stürzen würde. Die Wärme ist die Mutter und die Amme aller organischen Wesen, und selbst die unorganischen entspringen nur aus ihrem Schoosse. Jeder Körper der Natur, wie grob seine Masse, oder wie fein auch sein Gewebe sein mag, verdankt seine Entstehung und seine Erhaltung nur der Wärme. Nehmt die Wärme weg aus der Natur, und sofort verschwindet auch alle Bewegung, alle Formgebung und alles Leben aus derselben, und das alte Chaos tritt wieder in seine Rechte ein.

Auch unsere Künste und Manufacturen können sie so wenig, als die Natur selbst, entbehren. Welche Veränderungen wir auch mit den Körpern, wie sie uns die Natur gegeben hat, vornehmen mögen, sie bestehen alle nur in der Trennung oder Zusammenfügung ihrer Theile, und in einer unseren Zwecken gemässen Verwandlung ihrer Gestalt. Wir schmelzen sie, um ihnen eine andere Gestalt zu geben; wir trennen die zusammengesetzten, um ihre uns nutzlosen oder schädlichen Theile zu entfernen, und wir verbinden die getrennten wieder, um sie auch dadurch unsern Absichten dienstbar zu machen. In allen diesen Operationen ist die Wärme das wichtigste, oft das einzige Instrument. Auf ihren Wink erweichen die härtesten Körper, das Gold wird Wachs, das Eisen Wasser, und die ganze Natur wird verändert, um unsern Bedürfnissen, um unserm Vergnügen, oft selbst nur um unsern Einfällen zu gehorchen.

Aber nicht bloss in unseren technischen, auch in unseren wissenschaftlichen Arbeiten spielt dieses Agens eine grosse und wichtige Rolle. Wer in einer hellen Nacht den gestirnten Himmel betrachtet, glaubt schon alles gesehen zu haben, wenn er die Grösse und die gegenseitige Lage dieser Gestirne kennen gelernt hat. Der Astronom aber weiss, dass er diesen Himmel keineswegs so sieht, wie er in der That ist, dass er ihn vielmehr durch eine grosse täuschende Linse, durch eine Kugelschale von Luft sieht, die alle Gegenstände gleich einem Hohlspiegel verzerrt, und keinen derselben an seinem wahren Orte erscheinen lässt. Er weiss, dass diese optischen Täuschungen mit der Entfernung der Gestirne von dem Horizonte, dass sie von Nacht zu Nacht, ja von Stunde zu Stunde wechseln, und dass dieser Wechsel mit von der ebenfalls wechselnden Wärme der Atmosphäre kommt. Selbst das Instrument, mit welchem er diese Veränderungen beobachtet, ist wieder ähnlichen Aenderungen unterworfen, und wie die Temperatur seiner Umgegend anders wird, ziehen sich auch seine Theile zusammen oder aus einander. Ein einziger Sonnenstrahl, der auf das Instrument fällt, ein einziger Hauch von einem kühlen Zugwinde, ja die den Beobachter selbst umgebende Atmosphäre seines eigenen Körpers ist schon im Stande,

den metallenen Bogen des Kreises zu verziehen und Aenderungen hervorzubringen, die man lange genug an dem Himmel gesucht hat, während sie ihre wahre Ursache in dem Instrumente oder dessen Umgebung hatten. Unsere solidesten Gebäude aus den alten Zeiten, die sprichwörtlich als Symbole einer unwandelbaren Festigkeit gelten, werden täglich, ja stündlich von der Wärme in immerwährende Bewegung gesetzt. Seit den Versuchen, die man mit den höchst empfindlichen Libellen Reichenbach's an der Sternwarte Brera zu Mailand angestellt hat, ist es bekannt, dass jeder Thurm und jedes Haus, wenn es bald auf dieser, bald auf jener Seite von der Sonne beschienen wird, gleich einem Pendel hin und wieder geht, ohne auch nur zwei Augenblicke dieselbe Lage beizubehalten.

Aber welche noch viel grössere Rolle ist dieser unsichtbaren Macht in unserer Chemie angewiesen worden! Unauflöslich scheinende Körper trennt sie in ihre Elemente; die heterogensten Massen schmilzt sie zu einem gemeinsamen, einförmigen Körper; sie weckt seit Jahrtausenden schlafende Affinitäten aus ihrem Schlummer zu neuer Thätigkeit, und sie zerreisst selbst die Bande der chemischen Attraction, die jeder andern uns bekannten Kraft spottend widerstehen. Durch Bindung und Freiwerden der Wärme entstehen alle unsere Compositionen und Decompositionen der natürlichen Körper, und diese zwei Prozesse sind es, durch die wir in der einen Hand fürchterliche Detonationen mit einer alles schnell verzehrenden Hitze, und in der andern eine Kälte erzeugen können, gegen welche die Temperatur unserer Pole noch für hoch gelten kann. *(Lardner, on Heat. Lond. 1833.)*

Aber wozu erst Sternwarten oder Laboratorien aufsuchen, um Beispiele für die Thätigkeit einer Kraft zu finden, die uns überall und zu allen Zeiten in der Nähe umgibt. Im Schlafe und im Wachen, zu Hause oder auf dem Felde, bei Tag und Nacht, in der heissen und in der kalten Zone — überall ist sie, überall wirkt sie, und überall sind wir ihre Sklaven zugleich und ihre Meister.

Wir sind ihre Sklaven. — Denn ohne sie vermögen wir nicht einen Augenblick zu leben, und ohne ein genau bestimmtes Mass derselben können wir dieses Leben eben so wenig in Frieden geniessen. Sie herrscht gebieterisch über unsere Freuden und über unsere Leiden. Sie legt uns auf das Siechbett hin, und hilft uns wieder von demselben auf. Sie ist unsere Krankheit und unser Arzt zugleich. In der brennenden Hitze des Sommers lechzen wir unter ihrem Drucke, und in der starren Kälte des Winters schauern wir ob ihrem Mangel.

Wir sind aber auch ihre Meister. — Denn wir zwingen sie, unserem Willen zu gehorchen und unsere Zwecke zu befördern. Mitten unter den Schnee- und Eisbergen des Nordens muss sie mit uns in unserer Stube wohnen, und selbst ausser derselben darf sie, in undurchdringliche Kleider eingeschlossen, unsere Körper nicht verlassen. Ja dieselben Kleider brauchen wir auch in der heissen Zone, um ihren Andrang von uns abzuhalten. Wir entfernen sie aus dem Wasser, um uns während der heissen Jahreszeit mit Eis zu kühlen; wir bringen sie wieder in grösserem Masse in das Wasser zurück, um im Winter unsere Wohnungen zu erwärmen.

Wenn wir schlafen, so ist unser Zimmer und unser Bett mit den Mitteln versehen, die Wärme festzuhalten. Wenn wir zu Tische sitzen,

so ist wieder sie es, die unseren Speisen ihre Geniessbarkeit, ihren Nutzen und ihre Würze gibt. Sie bereitet unsere Gerichte in der Küche, wie sie die Früchte in unseren Gärten kocht und zur Reife bringt. Die angenehmen Säfte, die das Blatt des Theebaums, oder die Beere der Kaffeestaude, oder die Cacaobohne in sich schliesst, würden uns immer verborgen geblieben sein, wenn sie uns die Wärme nicht aufgeschlossen hätte, und selbst die Bereitung aller anderen künstlichen Getränke, die uns erquicken und erwärmen, und die unsere durch Arbeit und Anstrengung ermatteten Glieder stärken, würden uns noch ein Geheimniss sein, wenn wir, gleich dem blödsinnigen Feuerländer, mit der Erhaltung und Anwendung der Wärme auf die Körper der Natur noch unbekannt wären.

Selbst das Licht, jene an sich so köstliche Gabe des Himmels, wie oft würden wir uns vergebens darnach sehnen, wenn dieselbe allgütige Hand, die es uns gegeben, jenes andere noch köstlichere Geschenk zurückgehalten hätte! Wenn die Sonne ihr Antlitz von uns wendet, und die Erde in Finsterniss einhüllt, wenn sie, wie in den Polargegenden, sechs volle Monate nicht wiederkehrt — dann ist es die Wärme, die unsere Luft in Flammen setzt; dann zünden wir, mit ihrer Hülfe, unsere Kerzen, unsere Lampen an, und schaffen uns künstliche Tage mitten in der tiefsten Nacht; dann lassen wir unsere Sonnen leuchten zu unseren Geschäften, zu unseren geselligen Vergnügungen, und vermehren so die Summe der Genüsse und die Länge unseres Lebens durch nützlich oder angenehm verbrachte Stunden, die wir ohne jene Himmelsgabe in dumpfer Unthätigkeit verloren oder in trägem Schlafe verträumt hätten.

§. 13. (Photosphäre, Flecken und Fackeln.) Indem wir nun nach dieser Digression über die zwei wichtigsten Geschenke, welche wir der Sonne verdanken, wieder zu unserem Gegenstande, zu der physischen Beschaffenheit dieses Centralkörpers zurückkehren, müssen wir uns vorerst auf das Wenige beschränken, das wir von der Oberfläche desselben mit Hülfe unserer Fernröhre kennen gelernt haben. — Die Oberfläche der Sonne scheint ein ungeheures, den eigentlichen Körper der Sonne umgebendes Lichtmeer zu sein. Diese Photosphäre ist, wie die Beobachtungen zeigen, in immerwährender heftiger Bewegung, und in ihr gehen Revolutionen vor, mit deren Macht die unserer Stürme und Ungewitter nicht weiter verglichen werden kann. Man sieht auf diesem Feuermeere öfter sehr grosse, schwarze Flecken entstehen und nach wenig Tagen oder Wochen wieder verschwinden, Flecken, die unsere Erde im Durchmesser vier-, fünf- und noch mehrmal übertreffen. In der Nähe dieser schwarzen Flecken bemerkt man im Gegensatze häufig andere grosse Stellen der Sonne, die sich durch ihr stärkeres, helleres Licht auszeichnen, und daher Fackeln genannt werden. Aber auch der übrige Theil der Sonne, der weder Flecken noch Fackeln zeigt, ist beinahe nirgends gleich licht, sondern durchaus mit kleinen Schuppen oder Punkten besäet, die ihren Ort immer ändern. Durch ein Fernrohr betrachtet, das zur Schützung des Auges mit einem gefärbten Planglase versehen ist, zeigen sich die Sonnenflecken als grössere oder kleinere, meistens sehr unregelmässig geformte, scharf begrenzte, dunkle Stellen, mit einem aschfarbenen, gewöhnlich überall gleich breiten, also concentrischen Rande, dem sogenannten Hofe oder der Penumbra eingefasst. Wenn man dieselben längere Zeit hindurch verfolgt, so sieht man sie

an Umfang wachsen oder kleiner werden, verschiedene Gestalten annehmen, aus einander brechen und wieder zusammenfliessen, ja zuletzt sogar gänzlich verschwinden. In dem letzten Falle wird immer zuerst der schwarze Centralpunkt allmählich kleiner und verschwindet lange vor dem aschgrauen Rande.

Die hier geschilderten Vorgänge gehen sehr oft nicht langsam, sondern überraschend schnell vor sich; man hat nicht selten die Bildung einzelner Sonnenflecken, ja ganzer Gruppen derselben im Verlaufe weniger Stunden beobachtet, und vorhandene eben so rasch wieder verschwinden sehen. Doch kommen auch solche vor, welche längere Zeit ohne Veränderungen ihrer Form dauern, und diese zeigen im Allgemeinen folgende Erscheinungen. Man sieht die eigentlichen schwarzen Flecken in einer meistens länglichen Gestalt an dem linken oder östlichen Rande der Sonne eintreten und sich von da langsam gegen den westlichen Rand bewegen, den sie am dreizehnten Tage nach ihrer ersten Erscheinung erreichen, wo sie dann eben so lange unsichtbar werden, bis sie am Ende dieser zweiten Periode wieder an der früheren Stelle des östlichen Randes hervortreten. Je näher sie dem Mittelpunkte der Sonne kommen, desto breiter scheinen sie zu werden, während sie an den beiden Rändern sehr schmal sind.

Immerhin gehören aber Flecken, welche mehrere solche Perioden überdauern, zu den grössten Seltenheiten. Solche, welche am öftesten wieder erkannt und beobachtet werden konnten, waren der grosse Fleck von 1779, der sechs Monate hindurch sichtbar war; dann ein von Schwabe im Jahre 1840 durch acht Umläufe beobachteter, und endlich eine Fleckengruppe, die Schwabe in den Jahren 1861 und 1862, 18 oder vielleicht sogar 22 Male wiederkehren sah.

§. 14. (Grösse der Flecken.) Vermöge der ungeheuren Entfernung der Sonne erscheint uns auf ihrer Oberfläche eine gerade, auf unserem Gesichtsstrahl senkrechte Linie von 100 deutschen Meilen Länge unter dem Winkel von einer Sekunde, und es enthält daher ein Kreis von diesem Durchmesser auf der Oberfläche der Sonne 7850 deutsche Quadratmeilen. Allein Flecken, deren Durchmesser geringer als eine Sekunde ist, oder diese Grösse nicht bedeutend übersteigt, erscheinen selbst bei beträchtlichen Vergrösserungen nur als feine Pünktchen, wesshalb man sie gewöhnlich noch nicht als Flecken, sondern als Poren der Sonne bezeichnet. Mit solchen Poren ist die Oberfläche derselben oft förmlich besäet; die eigentlich sogenannten Flecken besitzen weit grössere, ja oft riesige Dimensionen. Tobias Mayer sah z. B. am 15. März 1758 einen solchen Flecken, der nach seinen Beobachtungen den zwanzigsten Theil des Sonnendurchmessers, also 90 Sekunden betrug. Der wahre Durchmesser desselben hatte also 9000 deutsche Meilen, und war fünfmal grösser als der Durchmesser unserer Erde. Flecken von solcher, oder selbst von noch bedeutenderer Ausdehnung sind keineswegs selten, sondern schon im Laufe der letzten Decennien wiederholt gesehen worden. Der grösste, den der eifrige Sonnenbeobachter Hofrath Schwabe in Dessau notirte, erschien im Jahre 1850. Derselbe hatte am 4. September einen mittleren Durchmesser von 302″, d. h. von etwa 30200 deutschen Meilen, mit einer Oberfläche von 716 Millionen Quadratmeilen, Grössen, welche den Durchmesser und die Oberfläche unserer Erde beziehungsweise um das 18- und 77fache übertreffen. Andere grössere

Flecken, die jedoch lang nicht die Ausdehnung des obigen erreichten, waren einer vom 30. Juni 1842 mit einem Durchmesser von 168″ und einer vom 22. September 1848, der einen mittleren Durchmesser von 147″ besass. Der Durchmesser dieses letzten Fleckens beträgt noch immer das 9fache, und seine Oberfläche das 18fache der gleichnamigen Dimensionen unserer Erde.

Noch weit grössere Ausdehnungen erreichen aber ganze Fleckengruppen, nämlich solche Gebilde, bei denen mehrere, oft sehr viele dunkle Kerne von einem gemeinsamen Hofe eingefasst erscheinen, und dadurch ihre Zusammengehörigkeit beweisen. Eine der grössten derartigen Gruppen trat im Juni 1847 auf; sie hatte nach den Messungen von Schwabe 668″ von Ost nach West, oder in dieser Richtung eine Länge von ungefähr 66800 deutschen Meilen. Eine nicht viel kleinere Ausdehnung erreichten auch einzelne Gruppen in den beiden folgenden, ebenfalls fleckenreichen Jahren 1848 und 1849.

Hält man nun mit dieser immensen Ausdehnung der Fleckengruppen ihre Veränderlichkeit und den im Vorigen besprochenen Umstand zusammen, dass sie innerhalb weniger Wochen entstehen und wieder spurlos verschwinden, so erhält man eine Vorstellung von den ungeheuren Revolutionen, die auf der Oberfläche unseres Centralkörpers vor sich gehen müssen.

Ein lehrreiches Beispiel hierfür bietet die letzterwähnte Fleckengruppe. Ihre Längenausdehnung nahm vom 14. bis 16. Juni von 668″ auf 474″ ab; mithin verkleinerte sich dieselbe innerhalb zweier Tage um 19400 Meilen. Es rückten daher ihre Ränder täglich um 9700 Meilen zusammen, während die grösste Geschwindigkeit eines irdischen Orkanes kaum je 400 Meilen im Tage erreicht. Noch weit raschere Veränderungen gingen in dem grössten, früher erwähnten Flecken vor. Sein Durchmesser dehnte sich vom 4. auf den 5. September von 93″ auf 302″ aus, vergrösserte sich also um 20900 Meilen, womit die von ihm bedeckte Sonnenfläche in einem Tage von 68 auf 716 Millionen Quadratmeilen stieg. Am folgenden Tage hatte sich merkwürdigerweise der Hof wieder auf den früheren Durchmesser zurückgezogen.

Es scheint, dass diese Flecken zuweilen noch viel grösser werden können als die hier erwähnten. So erzählt Albufaradge in seiner *Historia Dynast.*, dass im Jahre 535 das Licht der Sonne durch 14 Tage verdunkelt war, und dass im Jahre 626 die Hälfte der Sonnenscheibe durch längere Zeit schwarz erschien u. dgl. Auch der berühmte Arzt Averroes von Cordova, der im zwölften Jahrhunderte lebte, sah einen grossen Sonnenflecken mit freiem Auge, aber die Sache erregte keine Aufmerksamkeit und hatte um so weniger Folge, als er, obschon mit Unrecht, diesen Flecken für den Planeten Merkur hielt. Sonderbarerweise verfiel selbst Kepler noch in denselben Irrthum, als er am 28. Mai des Jahres 1607 einen Flecken in der Sonne bemerkte. Uebrigens sind die Fälle, in denen Flecken oder Fleckengruppen mit unbewaffnetem Auge erkannt werden können, nicht gerade sehr selten. So sah der oft erwähnte Schwabe in den Jahren 1847 und 1848 je 5, im Jahre 1849 sechs verschiedene Flecken oder Fleckengruppen mit freiem Auge, davon einige durch mehrere Tage; ferner vier im Jahre 1859 und im Jahre 1860 sogar neun.

§. 15. (Farbe und Struktur der Flecken.) So dunkel uns auch die Sonnenflecken, und insbesondere der Kern derselben im Allgemeinen erscheinen mögen, so sind sie doch nicht vollkommen schwarz, sondern nur weniger leuchtende Stellen der Sonnenfläche, wie jeder Durchgang eines unteren Planeten vor der Sonnenscheibe darthut, indem während desselben der Planet vollkommen schwarz, die Flecken aber braunroth erscheinen, besonders wenn man complementär gefärbte Sonnengläser zusammensetzt, die weisse Bilder geben. Man hält die Flecken im Allgemeinen bloss des Contrastes wegen für schwarz; alle Sonnenbeobachter erwähnen öfter Fälle, in denen die rostbraune Färbung unverkennbar hervortrat. Dieselbe ist am auffallendsten dann, wenn, wie am 16. März 1858, einzelne Sonnenflecken diese Färbung entschiedener zeigen, als andere gleichzeitig auf der Sonnenscheibe befindliche. Bei einer solchen Gelegenheit schienen Hallaschka im Jahre 1819 sogar zwei neben einander liegende Sonnenflecken einander theilweise zu decken, ein Phänomen, das auch im Jahre 1816 Raschig in Dresden und E. Weiss am 12. März 1864 in Wien bemerkte. Die rostbraune Färbung ist übrigens auch dann bemerkbar, wenn bei sonst ruhiger Luft die Sonne durch so dichten Nebel scheint, dass man sie ohne ein Blendglas vorzustecken beobachten kann. Ferner kann man sich jederzeit sehr leicht davon überzeugen, dass die Sonnenflecken in der That nicht vollkommen schwarz sind, wenn man das im Fernrohre erzeugte Sonnenbild auf ein weisses Papier projicirt: dann lehrt ein einziger Blick, dass die Sonnenflecken rothbraun sind.

Die Mannigfaltigkeit der Formen, in denen die Sonnenflecken sich zeigen, mag sich dem Leser aus den folgenden Abbildungen einiger merkwürdiger Erscheinungen dieser Art ergeben.

Die in Fig. 47, 48, 49 und 50 abgebildeten Flecken wurden alle an demselben Tage, den 24. Mai 1828 von Pastorff in Frankfurt an

Fig. 47.

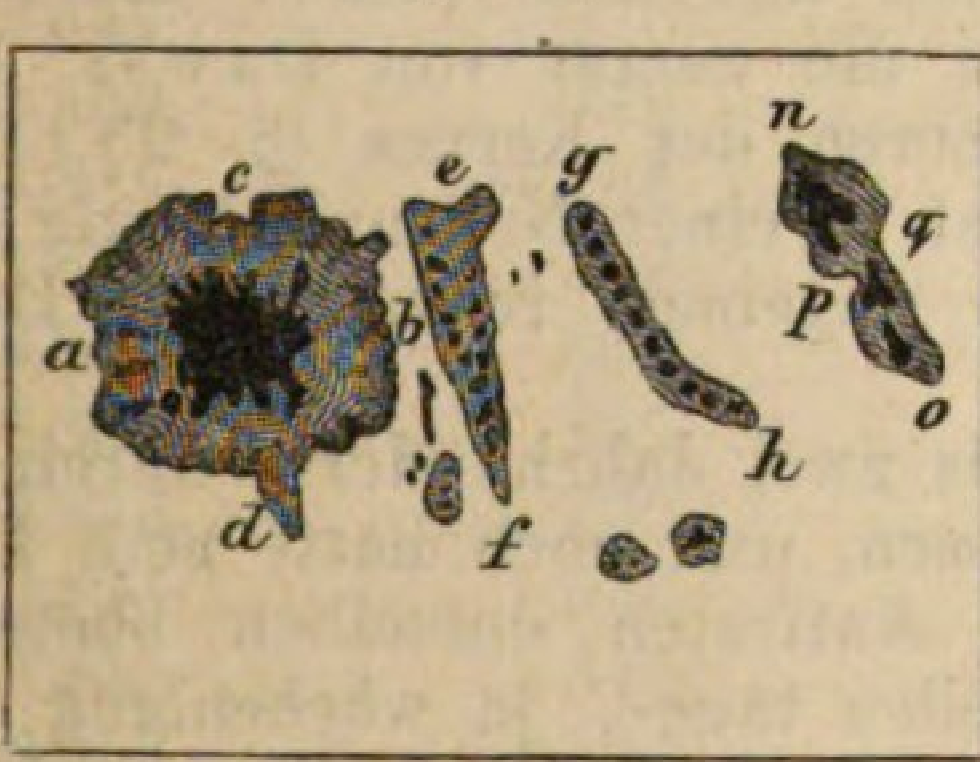


Fig. 48.



Fig. 49.

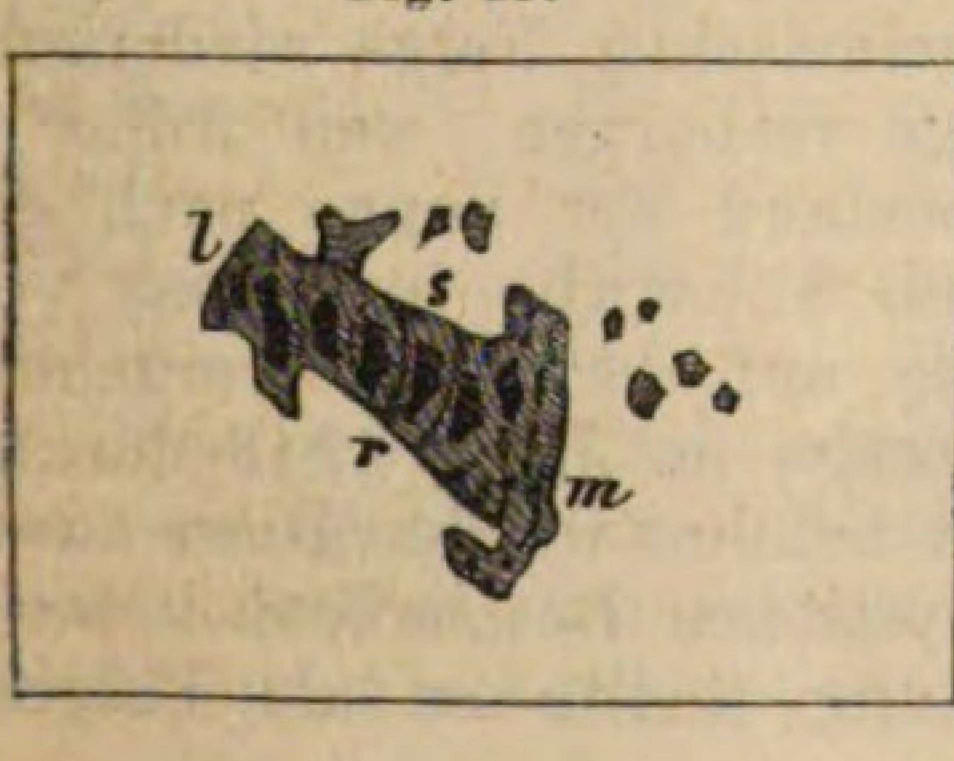
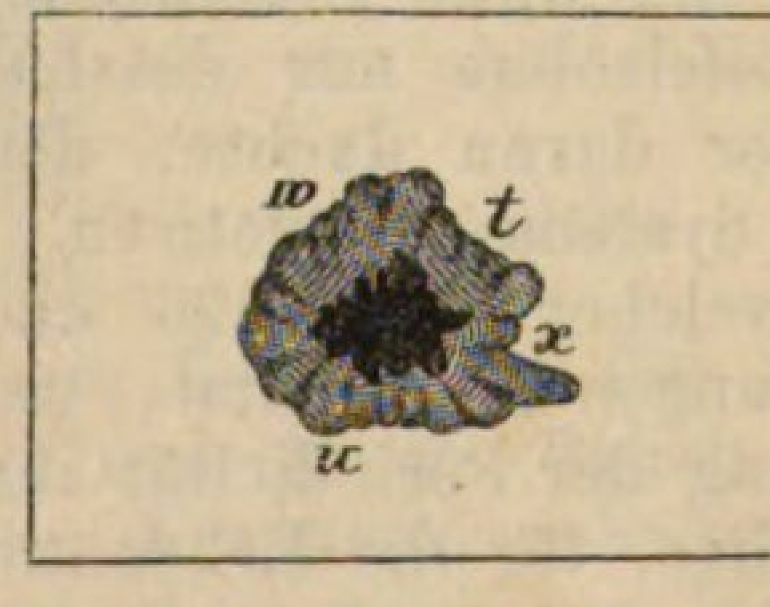


Fig. 50.



der Oder beobachtet. Der grösste derselben, *abcd*, hatte den Durchmesser *ab* = 100 und *cd* = 60 Sekunden. Es war somit der wahre Durchmesser dieses Fleckens *ab* = 1000 und *cd* = 6000 Meilen. Demnach betrug die Oberfläche dieses Fleckens 60 Millionen Quadratmeilen. Eben so waren die scheinbaren Grössen *ef* = 110 Sekunden, *gh* = 60, *no* = 68, *pq* = 20, *ik* = 38, *lm* = 66, *rs* = 24, *tu* = 46 und *wx* = 42 Sekunden. Multiplicirt man diese Zahlen durch 100, so erhält man die Dimensionen *ef*, *gh* u. f. in geogr. Meilen ausgedrückt. Die Oberfläche aller hier unter Fig. 47 bis 50 abgebildeten Flecken betrug 156 Millionen Quadratmeilen, während die Oberfläche unserer ganzen Erde nur $9^3/_{10}$ Millionen Quadratmeilen umfasst. Alle diese Flecken waren in einer beständigen Aenderung ihrer Form und Grösse begriffen, die sich mit jedem neuen Tage deutlich erkennen liess. Um die grösseren Flecken *abcd* und *tuwx* sah man rings um ihren äusseren grauen Rand eine Einfassung von Lichtgewölk, das heller war, als die übrige Sonnenfläche. Von der äussern Grenze des grauen Randes bis zu dem innern dunklen Kern zeigten sich abschüssige Rillen, mit kleinen Kreisen oder Circellen ganz bedeckt, die immer tiefer zu liegen schienen, je näher sie dem innern Kerne kamen.

Was die Penumbra der Flecken betrifft, so ist dieselbe selten an allen Stellen gleichförmig grau gefärbt, indem die dem Kerne zunächst liegenden Partien meist etwas heller erscheinen als die äusseren Ränder. Ausserdem hat der Hof zuweilen eine spiralförmige Struktur, welche auf die Sonne umkreisende Wirbelwinde hinzuweisen scheint. Es zeigte dieselbe besonders schön ein grosser Flecken, der im April 1863 auf der Mitte der Sonnenscheibe stand, und nach von Prof. A. Weiss in Wien ausgeführten Zeichnungen am 14. und 15. April die auf Taf. IV. Fig. 4 und 5 ersichtlichen Gestalten entwickelte, aus denen auch die grosse Veränderlichkeit dieser Phänomene zu entnehmen ist. Hier liess übrigens nur der eine Rand die spiralige Streifung erkennen. Die stärksten Windungen der Spiralen des Hofes fielen mit den Zacken des Kernfleckens zusammen. Der Flecken zeigte die zuerst von Dawes 1852 beschriebenen dunkleren Stellen im Inneren des Kernes (§. 23.) sehr deutlich. Die Partie *a* vom 14. April ist in einer Nebenzeichnung mittelst stärkerer Vergrösserung in ihrem ungemein reichhaltigen Detail dargestellt.

§. 16. (Periodicität der Flecken.) Mehr als zwei Jahrhunderte waren seit der Entdeckung der Sonnenflecken verflossen, und noch hatte man keine Spur irgend einer Gesetzmässigkeit im Auftreten derselben bemerkt: man wusste bloss, dass die Sonne zuweilen tage-, ja wochenlang entweder ganz oder doch nahezu vollkommen fleckenfrei sei, dass es ebenso Zeiten gebe, in denen sie auf vielen Stellen von Flecken überdeckt werde. Dass diese Erscheinungen in regelmässiger Folge wiederkehren, blieb zweifelsohne nur desshalb so lange verborgen, weil früher kein Beobachter daran dachte, den Fleckenbestand der Sonne nach einem gewissen Systeme zu notiren. Diess blieb Schwabe in Dessau vorbehalten, welcher seit 1826 unermüdet die auf der Sonne vorgehenden Veränderungen beobachtet, und dafür bereits im Jahre 1843 durch die Entdeckung der Periodicität ihrer Flecken belohnt wurde. Diese äusserst merkwürdige, für die Erkenntniss der physischen Beschaffenheit unseres Centralkörpers epochemachende Entdeckung theilte er als Folgerung

aus seinen 16jährigen Beobachtungen in einem vom 31. Dezember 1843 datirten Schreiben in den Astronomischen Nachrichten mit, und gab als ungefähre Dauer dieser Periode 10 Jahre an, in welchem Zeitraume der Fleckenbestand von einem Minimum zu einem Maximum sich erhebt und wieder zu einem Minimum herabsinkt. Durch nahe ein volles Jahrzehend wurde aber diese Thatsache theils ignorirt, theils heftig bestritten, bis Wolf, damals in Bern, jetzt in Zürch, seine Untersuchungen über diesen Gegenstand begann, Untersuchungen, die er mit dem rastlosesten Eifer bis heute fortführt. Er setzte mit Zuhülfenahme der Beobachtungen früherer Jahrhunderte, die er aus den verschiedensten Quellen auf's sorgfältigste sammelte, die Dauer der Periode auf $11\frac{1}{9}$ Jahre fest, und ist nach jahrelangen mühevollen Arbeiten vor kurzem dahin gelangt, sämmtliche 24 Perioden, die seit der Entdeckung der Sonnenflecken bereits verflossen sind, nachzuweisen, und die Epochen, auf welche das jeweilige Minimum des Fleckenbestandes fiel, innerhalb enger Grenzen anzugeben. Wir wollen hier, um einen allgemeinen Ueberblick über den Verlauf des Sonnenflecken-Phänomens zu geben, die Aufzeichnungen Schwabe's während der beiden letzten Perioden hersetzen, und haben gerade seine Beobachtungsreihe gewählt, weil er nicht nur die Sonne am eifrigsten überwacht hat, sondern auch, weil seine Zählweise das beste Bild über die Häufigkeit der Sonnenflecken im Allgemeinen gibt.

Jahr	Zahl der Beobachtungstage	Zahl sämmtlicher Fleckengruppen	Zahl der fleckenfreien Tage
1840	263	152	3
1841	283	102	15
1842	307	68	64
1843	324	34	149
1844	320	52	111
1845	332	114	29
1846	314	157	1
1847	276	257	0
1848	278	330	0
1849	285	238	0
1850	308	186	2
1851	308	151	0
1852	337	125	2
1853	299	91	4
1854	334	67	65
1855	313	38	146
1856	321	34	193
1857	324	98	52
1858	335	202	0
1859	343	205	0
1860	332	211	0
1861	322	204	0
1862	317	160	3

Diese Zahlen sind wohl ohne weitere Bemerkung für das Stattfinden der Periodicität beweisend genug, und es sei daher nur noch erwähnt, dass in den Jahren der kleinsten Frequenz nicht nur weniger Flecken und Fleckengruppen auftreten, sondern auch nur kleine unan-

sehnliche vorhanden sind, während in den Jahren des häufigen Vorkommens grossartige Flecken vorherrschen, so dass der Gang der oben angeführten Werthe noch entschiedener wäre, wenn man statt der Fleckenzahl die von ihnen bedeckte Area in Rechnung gezogen hätte, wie es bei den Relativzahlen Wolf's, welche die letztere einigermassen berücksichtigen, der Fall ist.

Ausserdem hat sich aus den mühevollen Untersuchungen Wolf's das bemerkenswerthe Resultat ergeben, dass die Dauer einer Periode nicht vollkommen constant ist, sondern um den oben angeführten Werth von 11 $^1/_9$ Jahren als mittleren oscillirt, und von diesem selbst um etwa 1 $^1/_2$ Jahre abweichen kann. Dabei findet übrigens das interessante Verhältniss statt, dass bei einer längeren Dauer der Periode die Maxima und Minima nicht so fleckenreich als bei einer kürzeren sind. Es tritt also bei einer kürzeren Dauer der Periode eine grössere Energie in der Fleckenbildung hervor als im umgekehrten Falle, und zwar, wie es nach einer Untersuchung von Baxendell scheint, derart, dass die Gesammtwirkung jeder Periode unveränderlich dieselbe ist.

Endlich deuten nach Wolf die vorhandenen Beobachtungen noch auf eine andere 5 — 6 jener Sonnenfleckenperioden umfassende grössere Periode hin, zu deren genaueren Festsetzung jetzt aber noch das Material mangelt.

§. 17. (Rotation der Sonne.) Es wurde bereits oben bemerkt, dass die Sonnenflecken an den Rändern der Sonne stets schmäler erscheinen, als im Mittelpunkte derselben. Aus diesem Grunde können sie keine eigenen Himmelskörper sein, die die Sonne umkreisen, wie etwa der Mond die Erde, weil in diesem Falle ihre offenbar optische Verschmälerung in der Nähe der Ränder schlechterdings unerklärlich wäre. Dieselbe ist nur unter der einzigen Annahme begreiflich, dass sie der Oberfläche der Sonne selbst angehören und derselben sich anschmiegen. Wenn aber diese Flecken in der That mit der Oberfläche der Sonne auf irgend eine Weise wenigstens für einige Zeit in fester Verbindung stehen, so kann die bemerkte Bewegung derselben von Ost gegen West nur von einer Rotationsbewegung der Sonne selbst kommen, und man kann sich ihrer als eines Mittels bedienen, die Umdrehung der Sonne um ihre Axe, und zugleich die Lage dieser Axe im Weltraume zu bestimmen. Auch machte man diesen Versuch sehr bald nach der Entdeckung der Sonnenflecken; die Sonne war unter allen Gestirnen das erste, dessen Rotation man auf diese Weise erkannt hat.

Man bemerkte bald, dass die Wege, welche diese Flecken auf der Sonnenscheibe beschreiben, in verschiedenen Jahreszeiten auch eine verschiedene Gestalt und Krümmung haben. Am Ende des ersten Drittheils des Junius und des December erscheinen sie als gerade, in allen andern Jahreszeiten sind sie krumme Linien, und zwar wenden sie ihre erhabene oder convexe Seite ein halbes Jahr gegen Nord oder aufwärts und die folgenden sechs Monate gegen Süd oder abwärts. Ihre stärkste Krümmung nach oben haben sie im August und nach unten im Februar. Endlich bemerkte man noch, dass die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen der Flecken durch denselben östlichen oder westlichen Rand der Sonne nahe 27 Tage betrage. Diese Beobachtungen reichten schon hin, uns mit den Umständen der Rotation der Sonne um ihre Axe wenigstens im Allgemeinen bekannt zu machen.

Wenn die Sonne sich um eine Axe dreht, so müssen alle Punkte ihrer Oberfläche, also auch die Sonnenflecken Kreise beschreiben, deren Ebenen auf dieser Axe senkrecht stehen und deren Mittelpunkte alle in dieser Axe liegen. Von diesen Kreisen wird derjenige, der durch den Mittelpunkt der Sonnenkugel geht, oder der gleich weit von den beiden Polen der Axe entfernt ist, der grösste sein, und wir werden ihn daher, analog mit den Bezeichnungen auf der Erde den Sonnenäquator nennen können. Dieser grösste Kreis der Sonne, und somit auch alle andern, mit ihm parallelen Kreise der Sonnenflecken werden aber den Beobachtern auf der Erde unter verschiedenen Gestalten erscheinen können, und zwar 1) als eine gerade Linie, wenn wir nur die Kante des Kreises sehen, oder wenn die Ebene des Sonnenäquators mit der Ekliptik zusammenfällt; 2) als ein Kreis, wenn unsere Gesichtslinie auf dem Sonnenäquator senkrecht steht, oder wenn der Sonnenäquator gegen die Ekliptik unter einem Winkel von 90 Graden geneigt ist, und endlich 3) als eine Ellipse, wenn wir den Sonnenäquator schief sehen, oder wenn er eine Neigung gegen die Ekliptik hat, die grösser als Null und kleiner als 90^0 ist.

Der letzte dieser drei Fälle ist der, in welchem sich die Erde in Beziehung auf die Sonne befindet. Wir sehen die an sich kreisförmigen Bahnen der Sonnenflecken im Allgemeinen als Ellipsen, also müssen sie und daher auch der ihnen allen parallele Aequator in einer gegen unser Auge schiefen Lage stehen. Da aber unser Auge selbst sich sammt der Erde um die Sonne bewegt, so kann jene Lage gegen uns eine veränderliche sein, selbst wenn, wie es wahrscheinlich ist, die Lage des Sonnenäquators gegen die feste Ekliptik fest und unveränderlich wäre. Da ferner dieser Aequator, dessen Ebene man sich wie eine endlose Tafel nach allen Seiten unbegrenzt verlängert denken kann, mit der Ebene der Ekliptik, in welcher sich die Erde bewegt, nicht zusammenfällt, so wird die Erde während ihrer Bewegung um die Sonne ein halbes Jahr über, und eben so lange unter diesem Aequator, und nur zweimal im Jahre wird sie in der Ebene dieses Aequators selbst sich aufhalten. In diesen beiden Momenten werden uns demnach die Bahnen der Flecken als gerade Linien erscheinen müssen, und da diess, wie gesagt, am 10. Junius und am 10. December geschieht, wo die Länge der Erde, von der Sonne gesehen, 260 und 80 Grade beträgt, so muss die durch die Sonne gehende Knotenlinie des Sonnenäquators mit der Ekliptik auch dieselbe Lage haben. Kennt man aber einmal die Durchschnittslinie beider Bahnen, so wird man durch einige leichte geometrische Betrachtungen auch bald den Winkel finden, unter welchem diese Bahnen gegen die Ekliptik geneigt sind. Man sieht, dass die Beobachtung der grössten Krümmungen dieser Curven, im Februar und August, dazu vorzüglich geschickt sein wird. Auf diese Weise hat man gefunden, dass die Länge des aufsteigenden Knotens des Sonnenäquators mit der Ekliptik 80^0, und dass die Neigung dieser beiden Ebenen 7^0 20′ beträgt, wodurch nun die Lage des Sonnenäquators im Weltraume bestimmt ist.

Es bleibt noch die Beantwortung der Frage übrig, in welcher Zeit sich die Sonne um ihre Axe bewegt. Ehe wir jedoch hierzu schreiten, wollen wir noch einige wichtige Entdeckungen der neuesten Zeit über die Gesetze, nach denen die Fleckenbildung vor sich geht, u. a. voraus-

schicken, da dieselben im innigen Zusammenhange mit jener Frage stehen.

§. 18. (Zone der Sonnenflecken.) Bereits Scheiner, einer der Entdecker der Sonnenflecken, machte die Bemerkung, dass dieselben nur in einem Gürtel von 30 bis 40 Graden zu beiden Seiten des Sonnenäquators vorkommen, so dass sie sich in jener Region der Sonne eingebürgert zu haben scheinen, in der auf der Erdoberfläche Orkane und Wirbelwinde vorherrschen. Eine heliographische Breite von 40⁰ überschreiten die Flecken sehr selten, und die grösste bis jetzt mit Sicherheit nachgewiesene Entfernung der Flecken vom Sonnenäquator beläuft sich auf 51⁰ (nördlich), in welcher C. H. F. Peters, damals in Neapel, später Director der Sternwarte in Clinton (U. S.), Mitte Juni 1846 eine Fleckengruppe erscheinen sah.

Noch vor wenigen Jahren war diess alles, was man über die Vertheilung der Flecken auf der Sonnenoberfläche zu sagen wusste, da die früheren Beobachter es als selbstverständlich betrachteten, dass in dem Erscheinen dieser Gebilde Regellosigkeit herrsche. In Folge dessen versäumten sie es auch, sich Tag für Tag ein vollständiges Bild der Sonne zu entwerfen, und notirten es nur als Merkwürdigkeit, wenn die Sonne viele Flecken zeigte.

Erst Carrington wurde durch Reduction seiner zwischen den Jahren 1854—1860 angestellten Fleckenbeobachtungen zu der bemerkenswerthen Entdeckung geleitet, dass in den, dem Minimum des Jahres 1856 vorangehenden Jahren alle Flecken innerhalb eines Gürtels von 20⁰ südlicher bis 20⁰ nördlicher heliocentrischer Breite auftraten, kurz nach der Minimumepoche aber diese Sachlage sich vollständig veränderte, und zwei neue Fleckenzonen zwischen dem 20sten bis 40sten Grad nördlicher und südlicher Breite entstanden, wodurch die Gegend des Aequators auf einmal fleckenfrei wurde In den folgenden Jahren zeigten diese beiden Gürtel das Bestreben sich gegenseitig zu nähern. Nachdem Carrington aus seinen Beobachtungen dieses merkwürdige Verhalten in der Nähe der Minimumepoche des Jahres 1856 constatirt hatte, zeigte er, dass die Beobachtungen von C. H. F. Peters während des früheren Minimums vom Jahre 1845 zu denselben Resultaten führen. Nähere Untersuchungen über die Fleckenverbreitung im Verlaufe einer oder mehrerer Sonnenfleckenperioden liegen uns aber bis jetzt noch nicht vor: doch dürfen wir bereits in der nächsten Zeit interessanten Aufschlüssen in dieser Richtung entgegensehen.

Die so eben aus einander gesetzte eigenthümliche Vertheilung der Sonnenflecken veranlassten Wolf, die ganze Erscheinung mit Strömungen zu vergleichen, welche periodisch von beiden Polen der Sonne nach dem Aequator gehen. Je nach einem Minimum beginnen solche Strömungen, steigern sich bei gegenseitiger Annäherung in ihren uns als Flecken und Fackeln sichtbar werdenden Effecten, bis ein gewisses Maximum der Spannung erreicht ist, und nun eine Ausgleichung beginnt, die zur Zeit des Minimums als beendet betrachtet werden kann. Die Flecken vor dem Minimum wären so die letzten Spuren der erlöschenden alten, die nach dem Minimum die ersten Wirkungen der neuen Strömung.

§. 19. (Gesetze der Fleckenbildung.) Schwabe hatte schon im Jahre 1840 bei seinen Fleckenbeobachtungen die Bemerkung gemacht, dass

diese Gebilde innerhalb des Gürtels, in dem sie erscheinen, nicht ganz gesetzlos auftreten und wieder verschwinden, sondern dass dabei gewisse Regeln eingehalten werden, die er bei der Mittheilung seiner Sonnenbeobachtungen vom Jahre 1842 näher präcisirte; fast genau dieselben Schlüsse zog im Jahre 1862 C. H. F. Peters aus seinen 1845 und 1846 in Neapel angestellten Sonnenbeobachtungen. Beide Forscher stellen folgende Sätze auf:

1) Entsteht in der Nähe eines schon vorhandenen Fleckens ein neuer, so geschieht diess auf der östlichen Seite des früheren. Ebenso vergrössern sich die Gruppen durch Hinzutreten neuer Flecken am östlichen Theile.

Da aber die östliche Seite in Bezug auf die Fixsterne (oder auch auf die Erde) erst später in dieselbe heliocentrische Lage kommt wie die westliche, also scheinbar die nachfolgende ist, könnte man obigen Satz auch so ausdrücken: die Neubildung der Flecken erfolgt stets auf der nachfolgenden Seite schon vorhandener.

2) In Fleckengruppen fangen die westlichen, oder nach der anderen Sprechweise die vorangehenden Flecken zuerst an sich aufzulösen. Im Zusammenhange damit steht auch die Erscheinung, dass, während die westlichen Flecken einer Gruppe an Grösse ab-, die östlichen häufig an Grösse zunehmen.

3) Grössere Flecken sind meist von kleineren Flecken (von Schwabe Nebenpunkte genannt) begleitet, und diese letzteren finden sich grösstentheils auf der östlichen Seite des Hauptfleckens.

Fasst man diese Sätze zusammen, so scheinen sie sämmtlich zu dem bemerkenswerthen Schlusse zu führen, dass auf der Sonnenoberfläche ein Fortschreiten der fleckenbildenden Zustände in einer, der Rotationsbewegung entgegengesetzten Richtung vorhanden sei. Es ist übrigens nicht unmöglich, dass mit dieser Erscheinung eine andere in Verbindung steht, auf welche Dr. Carl in München vor wenigen Jahren aufmerksam machte, nämlich, dass in den letzten Jahren auf der von uns abgewendeten Seite der Sonne viel mehr Flecken entstanden und verschwunden sind, als auf der uns zugekehrten. Dieses einseitige Auftreten der Flecken fand nach Schwabe auch in früheren Jahren statt, und trat besonders in den Jahren 1828 und 1848 auf, welche ein Maximum ausweisen. Schwabe bemerkt überdiess, dass der Ort der stärksten Fleckenentwicklung um die Sonne herumzugehen scheine, und wenn man erwägt, dass das Verhältniss der auf der sichtbaren Seite der Sonne entstandenen Flecken zu dem der überhaupt vorhandenen nach den Berechnungen von Dr. Carl jetzt wieder im Zunehmen begriffen ist, so lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Zusammenhang des einseitigen Auftretens der Flecken mit der Periode ihrer Frequenz in der Art annehmen, dass zugleich mit dem Maximum in der Häufigkeit der Flecken ein Minimum des Entstehens und Verschwindens derselben auf der uns zugewendeten Sonnenseite eintreten würde.

Schwabe hat auch gefunden, dass die kleinen Flecken gewöhnlich paarweise vorkommen, und wiederholt darauf hingewiesen, dass sehr oft längere Zeit hindurch die eine Sonnenhalbkugel durch grösseren Fleckenreichthum vor der andern sich auszeichne, wie z. B. im Jahre 1858 die südliche.

§. 20. (Rotation der Sonne und Eigenbewegung der Flecken.) Wir haben im Obigen gesehen, wie man aus den scheinbaren Bahnen der Sonnenflecken auf die Lage der Rotationsaxe der Sonne schliessen könne, und bemerkten dabei, dass die Zeit zwischen zwei nächsten Erscheinungen oder Verschwindungen eines Fleckens an dem Sonnenrande nahezu 27 Tage beträgt. Diess ist aber noch nicht die wahre Rotationszeit der Sonne; denn, da die Erde in ihrer jährlichen Bewegung in 27 Tagen auch nahe 27 Grade zurücklegt, so muss der Flecken während dieser Zeit nicht bloss den Umfang der Sonnenkugel, nämlich nicht bloss 360 Grade, sondern noch 27 Grade mehr zurückgelegt haben, um das zweite Mal am östlichen Rande der Sonne zu erscheinen, so dass man daher die Proportion hat:

$$387^0 : 360^0 = 27 \text{ T.} : x \text{ T.}$$

Da hieraus x nahe gleich 25 folgt, so wird die Umlaufszeit der Sonne um ihre Axe beiläufig 25 Tage betragen.

Uebrigens müssen wir bemerken, dass die Astronomen noch immer weder die Lage des Sonnenäquators noch auch die Rotationszeit der Sonne genau kennen, weil für's erste die Beobachtungen der Flecken wegen der bereits erwähnten Veränderlichkeit ihrer Gestalt sehr schwer mit der hier nöthigen Genauigkeit anzustellen sind, und dieselben für's zweite eine nicht unbeträchtliche Eigenbewegung zeigen; denn die Angaben für den Werth der Rotationselemente des Sonnenkörpers weichen so weit von einander ab, dass man diese Differenzen Beobachtungsfehlern nicht zuschreiben kann, sondern zur Erklärung der Unterschiede eine eigene Bewegung der Flecken anzunehmen gezwungen ist, auf die man folglich bei allen Berechnungen Rücksicht nehmen sollte. Bei dem Mangel aller Anhaltspunkte über die Richtung und Grösse solcher Eigenbewegung vereinfachte man sich in früheren Zeiten die Sache, indem man sagte, es sei kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass sämmtliche Flecken sich in einerlei Richtung bewegen, sondern viel wahrscheinlicher, es geschehe diess nach allen möglichen Richtungen. Wenn diess der Fall ist, dann wird im Mittel aus den Beobachtungen sehr vieler Flecken der Einfluss der Eigenbewegung sich eliminiren, und die wahre Rotationszeit der Sonne und die Lage ihres Aequators sich genau ergeben, wenn auch die einzelnen Bestimmungen sehr von einander abweichen. Auf diese Art hatte man für den wahrscheinlichsten Werth der Rotationszeit 25 ½ Tage gefunden.

So plausibel nun auch obige Annahme erscheinen mag, hatte man sich doch nichts desto weniger dabei einem grossen Irrthume hingegeben. Es fanden nämlich die beiden mehrgenannten Beobachter: C. H. F. Peters und kurz darauf Carrington, bei der Berechnung ihrer Beobachtungen das sehr auffallende Factum, dass aus dem Aequator nahen Flecken eine bedeutend kleinere Rotationszeit erhalten werde, als bei Anwendung von Flecken in höheren Breiten, und spätere Zusammenstellungen vieler anderer Berechnungen ergaben die schönste Bestätigung hierfür. In den letzten Jahren hat besonders Spoerer in Anclam nach einem sehr zweckmässigen, mit seltener Umsicht angelegten Plane versucht, die Rotationselemente unseres Centralkörpers zu ermitteln, und wir geben hier die Resultate seiner im Jahre 1861 angestellten Beobachtungen als das Vollständigste, was wir in dieser Richtung bisher besitzen. Er findet für die verschiedenen heliocentrischen Breiten, in denen

er einen oder mehrere Flecken längere Zeit (oft mehrere Rotationsperioden) hindurch beobachtete, folgende Zeiten als Rotationsdauer des Sonnenkörpers.

Heliographische Breiten.			Rotationszeit in Tagen.
24°	21′	nördlich	26.120
18	4	„	25.906
16	16	„	25.661
14	4	„	25.621
10	53	„	25.559
6	51	„	25.214
1	33	„	24.541
4	47	südlich	25.113
12	27	„	25.374
12	46	„	25.520
15	24	„	25.770
16	15	„	26.000
30	20	„	26.216

Aus dieser Tabelle stellt sich mit voller Entschiedenheit heraus, dass die Eigenbewegungen der Flecken nicht nur sehr bedeutend sind, sondern auch ein bestimmtes Gesetz befolgen, und sich daher bei einem arithmetischen Mittel nicht gegenseitig aufheben. Die Abhängigkeit der Rotationszeit von der heliographischen Breite beweist das Vorhandensein constanter Strömungen in der Photosphäre der Sonne, durch welche die Flecken fortgetrieben werden. Diese Strömungen können jedoch von dreierlei wesentlich verschiedener Art sein, ohne dass sie aufhören denselben Effect hervorzubringen; es können nämlich

1) Strömungen vorhanden sein, entgegengesetzt der Richtung der Rotationsbewegung, die in höheren Breiten an Geschwindigkeit zunehmen. Dasselbe bewirken aber auch

2) Strömungen in der Richtung der Rotationsbewegung, die aber in der Nähe des Aequators eine grössere Schnelligkeit besitzen als in höheren Breiten. Es können endlich auch auf der Sonne

3) Strömungen in doppelter Richtung vorkommen: nämlich in der Nähe des Aequators Strömungen in der Richtung der Rotationsbewegung, die aber mit zunehmender heliographischer Breite an Intensität sich nach und nach abschwächen und endlich solchen Platz machen, welche in einer der Rotationsbewegung entgegengesetzten Richtung vor sich gehen.

Zur Ermittlung der Rotationselemente unseres Centralkörpers ist nun die Entscheidung der Frage, welcher der drei möglichen Arten die nachgewiesenen Sonnenströmungen angehören, unerlässig nothwendig; denn herrschen auf der ganzen Oberfläche Strömungen, welche der Rotationsrichtung entgegengesetzt sind, so muss die Rotationsdauer noch kleiner sein, als sie mittelst Aequatorealflecken gefunden wird, also kleiner als 24 ½ Tage. Im zweiten oben erwähnten Falle muss sie noch grösser sein als sie selbst aus Flecken in höheren Breiten folgt, d. h. grösser als 26 ¼ Tage. Sind endlich Strömungen vorhanden, welche mit zunehmender Breite ihre Richtung ändern, so wird die Rotationszeit diejenige sein, welche Flecken in einer mittleren Breite, wo eben jene Umkehrung stattfindet, ergeben; mit andern Worten: die wahre Rotationszeit wird dann zwischen den äussersten für sie gefun-

denen Werthen liegen. Die Rotationszeit variirt also, je nach dem Vorhandensein der einen oder andern Art von Strömungen, um etwa zwei Tage, wobei noch hinzuzufügen ist, dass in der obigen Tabelle keine Resultate aus Flecken in den höchsten heliographischen Breiten, in denen man sie schon beobachtet hat, mit aufgenommen sind, und diese noch viel grössere Zeiten für die Rotationsdauer ergeben. So würde aus den Beobachtungen des von C. H. F. Peters im Juni 1846 in 51° nördlicher Breite gesehenen Fleckens für die Revolutionsdauer der Sonne eine Periode von 28¼ Tag sich herausstellen. Zieht man diesen Flecken noch mit in die Rechnung, so ist die Ungewissheit über die wahre Rotationszeit der Sonne bereits auf vier Tage gestiegen, und daraus ersichtlich, dass, so lange uns Anhaltspunkte mangeln, eine endgültige Entscheidung zwischen den drei angeführten Hypothesen zu treffen, wir auch die Dauer der Rotation der Sonne und die Lage ihres Aequators mit Genauigkeit nicht bestimmen können. Da es jedoch vom höchsten Interesse sein würde, diese Grössen so wie auch die Veränderungen, denen sie möglicherweise unterworfen sind, kennen zu lernen, hat man in neuerer Zeit versucht, einen indirecten Weg zur Ermittlung derselben einzuschlagen, von welchem zu sprechen wir weiter unten Gelegenheit haben werden.

C. H. F. Peters hält das Vorhandensein von Strömungen der ersten oder zweiten Art für wahrscheinlicher als solcher der dritten, weil die Zunahme der Rotationsdauer der Sonne dem Cosinus der heliographischen Breite nahezu proportional ist. Spoerer hingegen neigt sich zu der Ansicht, dass auf der Sonne Strömungen in entgegengesetzter Richtung vorkommen, und zwar in der Nähe des Sonnenäquators etwa bis zu 5° Breite zu beiden Seiten desselben eine im Sinne der Rotation, dann in höheren Breiten, von 13° nördlich und südlich an, eine in umgekehrter Richtung, und endlich in jenen Gegenden, die zwischen den Breiten 5° bis 13° eingeschlossen sind, abwechselnd die eine oder die andere. Ist diese Auffassung die richtige, so haben die beobachteten Sonnenströmungen Analoga auf unserer Erde aufzuweisen, indem die beiden letztgenannten Zonen unseren Regionen der Passatwinde und Calmen entsprechen würden. Wir würden nämlich nach unserer Ausdrucksweise sagen, am Aequator herrschen westliche Winde, in den Zonen 5° bis 13° abwechselnd westliche und östliche, in den entfernteren Zonen nur östliche Winde.

Ausser der progressiven Bewegung in einer zum Sonnenäquator parallelen Richtung hat man ferner an den Flecken noch eine senkrecht auf dieselbe, d. h. eine solche, welche die Flecken zu dem Sonnenäquator hin- oder von demselben wegtreibt, bemerkt. Doch ist bis jetzt eine so entschiedene Gesetzmässigkeit in diesen Bewegungen noch nicht festgestellt worden wie in den oben besprochenen. Es scheint, dass Flecken in der Nähe des Aequators bald demselben sich nähern, bald von ihm sich entfernen, während jene höherer Breiten fast ausnahmlos ein Aufrücken gegen den nächsten Pol erkennen lassen. Uebrigens hat Spoerer erst ganz vor Kurzem noch auf einen Umstand aufmerksam gemacht, der alle Beachtung verdient, und später leicht der Ausgangspunkt wichtiger Untersuchungen über die Constitution des Sonnenkörpers werden kann. Er fand nämlich, dass Gestaltveränderungen grösserer Flecken sehr oft von Ortsveränderungen derselben begleitet waren, indem

sie nicht nur eine Aenderung der früheren Geschwindigkeit des Fleckens parallel zum Aequator, sondern auch eine Aenderung der heliographischen Breite nach sich zogen.

Die bisher erwähnten progressiven Bewegungen sind jedoch nicht die einzigen, welche die Flecken ausführen; man hat in jüngster Zeit unzweifelhaft auch drehende Bewegungen wiewohl seltener wahrgenommen. Ein auffallendes Beispiel hierfür sah Dawes an einem Flecken zwischen dem 17. und 23. Januar 1852, in welcher Zeit sich derselbe ohne Gestaltänderung etwa 90° um den kleinen schwarzen Kern gedreht hatte (Fig. 51 und 52). Solche Beobachtungen weisen eben so auf

Fig. 51.

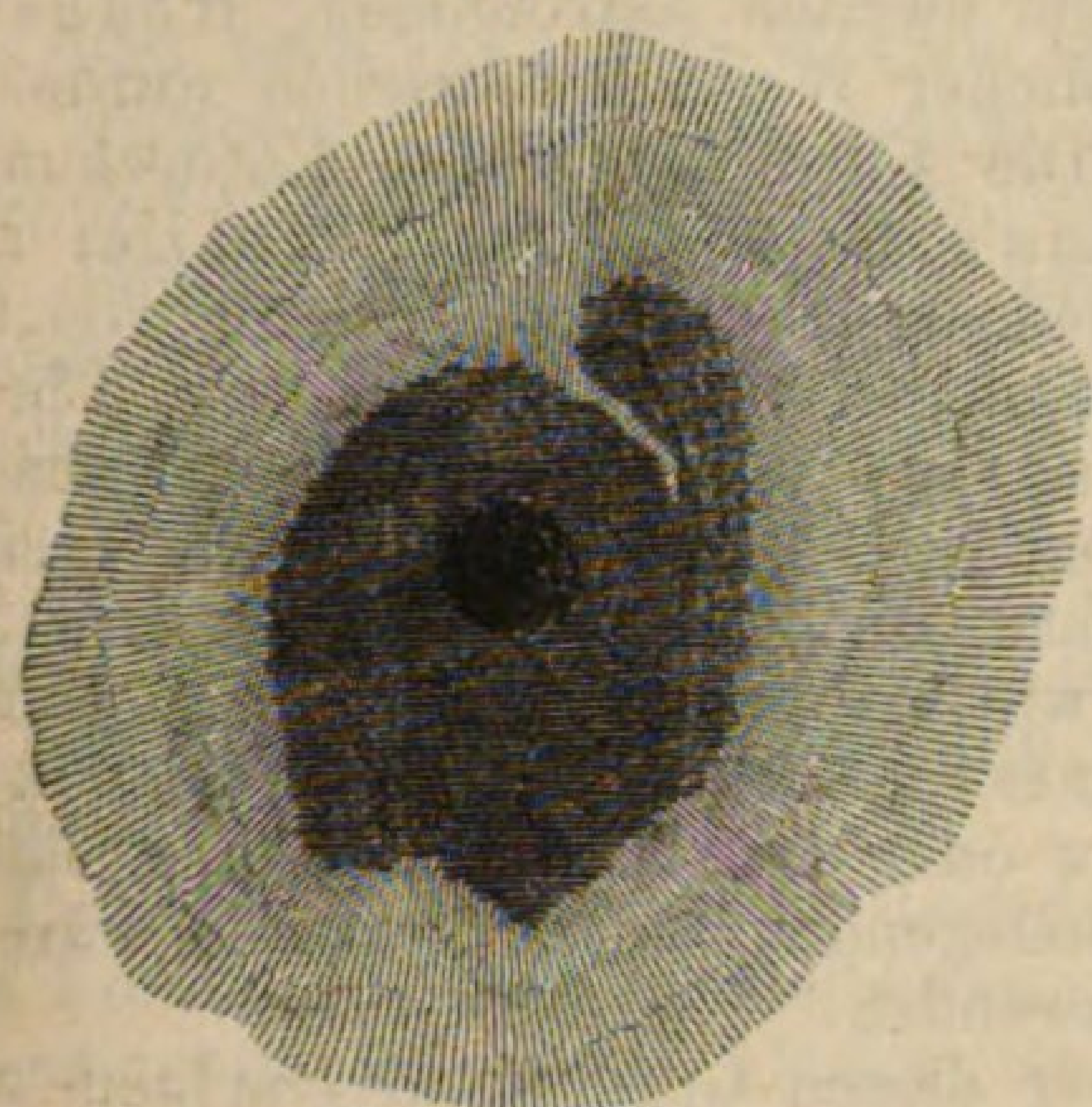


Fig. 52.



Wirbelwinde in der Fleckenregion des Sonnenkörpers hin, wie die manchmal gesehene spiralige Struktur (§. 15) der Flecken.

§. 21. (Struktur der Fackeln.) Wenn man die Sonne durch ein kräftiges Fernrohr betrachtet, ist, wie bereits Eingangs erwähnt wurde, auch jener Theil ihrer Oberfläche, der keine Flecken enthält, weit entfernt, überall gleichmässig hell zu sein. Derselbe hat vielmehr ein marmorirtes Aussehen, indem hellere und mattere, schuppenartige Partien mit einander abwechseln. Insbesondere sind aber die grösseren Flecken oder Fleckengruppen fast stets von einem netzartig verschlungenen Gewebe aderartiger Gebilde umgeben, die durch ihr helleres Licht scharf hervortreten und Sonnenfackeln, oder nach Schwabe Lichtgewölk genannt werden. Diese Fackeln sind am schönsten in der Nähe des Sonnenrandes sichtbar in Form wellenartig gebogener oder sich verzweigender feiner Lichtstreifen, während sie beim Vorrücken gegen die Mitte der Sonnenfläche als narbenartige Gebilde auf derselben sich darstellen. Aus ihnen brechen oft in ihrer Mitte sehr dunkle Flecken hervor, so wie im Gegentheile wieder an denselben Stellen, auf welchen frühere Flecken verschwunden sind, häufig Fackeln zu erscheinen pflegen.

In diesen Fackeln und der Lichthülle der Sonne gehen nicht minder heftige Revolutionen vor, wie in den Flecken, nur sind sie bisher als die viel weniger auffälligen noch nie näher untersucht worden, und es verdient daher das von Carrington am 1. September 1859 bemerkte plötzliche Hervorbrechen hellleuchtender Fackeln sehr beachtet zu werden. Carrington sah am oben genannten Tage um 11^h 18^m Green-

wicher Zeit in einer ausgedehnten Fleckengruppe plötzlich zwei leuchtende Punkte aufflammen, in einem weit stärkeren Lichte als die übrige Sonnenscheibe, und an Intensität noch eine kurze Zeit zunehmend. In den folgenden Minuten nahm die Helligkeit wieder rasch ab, so dass um etwa 11^h 23^m, also nur 5^m später, die ganze Erscheinung bereits verschwunden war. Die leuchtenden Punkte wanderten übrigens während dieser Zeit über eine Strecke von etwa 8000 deutschen Meilen. Trotz dessen trat in der Fleckengruppe selbst keine bemerkbare Aenderung hervor, so dass das Phänomen in bedeutender Höhe über der Fläche der Flecken sich entwickelt zu haben scheint. Interessant ist es, dass dieser merkwürdige Vorgang auf der Sonnenscheibe trotz seiner kurzen Dauer doch noch von einem zweiten Astronomen, Hodgson in Kew beobachtet, und in sehr ähnlicher Weise beschrieben wurde.

§. 22. (Entdeckung der Flecken.) Die Ehre der ersten Entdeckung der Sonnenflecken scheint nach Plana's Untersuchungen Galilei zu gehören; allein fast gleichzeitig, jedenfalls ganz unabhängig von Galilei und von einander, sahen sie ausserdem: Johann Fabricius, Christoph Scheiner und der Engländer Harriot, dessen werthvolle Beobachtungen auf dem Festlande sehr lange unbekannt blieben. Dass sich so viele Astronomen um das Verdienst dieser Entdeckung streiten, darf uns nicht Wunder nehmen, da, wie wir gesehen haben, Sonnenflecken von bedeutender Ausdehnung keineswegs zu Seltenheiten gehören, und in Folge dessen jedem über kurz oder lang die Entdeckung hätte gelingen müssen, der auf den naheliegenden Einfall gerathen wäre, das Fernrohr in dieser Richtung anzuwenden.

Das erste Werk, welches über diesen Gegenstand erschien, ist das des Johann Fabricius Phrysius, eines Friesländers, unter dem Titel: *De maculis in sole observatis*, Wittenberg 1611. Fabricius erzählt, dass er an einem Decembermorgen des Jahres 1610 einen schwarzen, auf der einen Seite grauen Flecken in der Sonne bemerkt, und denselben anfangs für eine Wolke gehalten habe. Nachdem er ihn aber wiederholt an demselben Tage, und mit verschiedenen Fernröhren, immer an derselben Stelle gefunden hatte, fing er an, an der wolkenartigen Natur dieser Erscheinung zu zweifeln. Bald darauf erhob sich die Sonne schon zu sehr über dem Horizont, und man konnte sie, ohne Besorgniss für seine Augen, nicht mehr ansehen*). Nicht ohne eine gewisse

*) Damals wendete man die gefärbten Plangläser, die man jetzt vor das Ocular der Fernröhre stellt, um das Licht der Sonne zu dämpfen, noch nicht an, obwohl man sie bereits lange zu Sonnenbeobachtungen mit unbewaffnetem Auge verwandte. So wissen wir, dass Fabricius die Sonnenfinsterniss von 1590 durch ein aus zwei verschiedenartig gefärbten und über einander gelegten Gläsern zusammengesetztes Blendglas betrachtete, und fünfzig Jahre früher auch schon Apian von ähnlichen Blendgläsern spricht. Der Grund dieser anfänglichen Beschränkung der gefärbten Gläser auf das freie Auge mag darin liegen, dass man die Gläser nicht plan genug schleifen konnte, und daher durch Vorstecken derselben die Bilder der Gegenstände im Fernrohre verzogen wurden. Scheiner bediente sich zu seinen Sonnenbeobachtungen eines eigenen Fernrohres, dessen Objectiv und Ocular aus gefärbtem Glase gemacht waren. Andere schlugen mehrfach über einander gelegte Spinnengewebe vor, die man nach Art eines Schleiers über das Objectiv breitete. Huyghens wandte einfache Spiegelgläser dazu an, die man auf der einen Seite mit Lampenruss ungleich beräucherte und dann mit einem zweiten ähnlichen Glase bedeckte, um die berusste Seite des ersten unversehrt zu erhalten. Sehr be-

Spannung brachte er die folgende Nacht zu, da ihn der Argwohn, dass es nur eine vorübergehende Wolke sein könnte, noch immer nicht ganz verlassen hatte. Desto grösser war seine Freude, als er am folgenden Morgen seinen Gast wieder, und beinahe an derselben Stelle der Sonnenscheibe erblickte. Jetzt liess er die Sonnenstrahlen durch eine kleine Oeffnung seines Fensterladens, in einem verfinsterten Zimmer, auf eine weisse Tafel fallen, und konnte auf diese Weise das Bild der Sonne und des Fleckens auf dieser Tafel den ganzen Tag durch beobachten. Er bemerkte bald, dass der Flecken sich von Ost gegen West langsam fortbewege. Auch kamen in den nächsten Tagen noch mehrere andere Flecken zu dem ersten, die alle dieselben Erscheinungen zeigten. Etwas später verschwand der erste Flecken an dem westlichen Rande der Sonne, und nach etwa zwei Wochen sah er ihn an dem östlichen Rande wieder eintreten. Er schloss daraus mit Recht, dass diese Flecken sich um der Sonne Mittelpunkt bewegen. Seine Freude über diese Entdeckung wurde dadurch etwas vermindert, dass er die Veränderlichkeit der Gestalt dieser Flecken, ja sogar ihr völliges Verschwinden in der Mitte der Sonnenscheibe bemerkte, und dass also diese Flecken keine permanenten Körper waren. Demungeachtet zieht er aus seinen Beobachtungen mit Recht den Schluss, dass die Sonne sich um sich selbst drehen müsse, wie diess schon Jordan Bruno (der im Jahr 1600 wegen seiner zu liberalen religiösen Gesinnungen lebendig verbrannt wurde) und später auch Kepler behauptet hatten.

Der Jesuit Christoph Scheiner aus Schwaben suchte die Ehre dieses Fundes für sich zu vindiciren. Sein Werk *Rosa Ursina*, welches die Beobachtungen dieser Flecken enthielt, erschien aber erst im Jahr

quem ist auch die in neuerer Zeit wieder mehr in Gebrauch gekommene Methode, das vom Fernrohr erzeugte Sonnenbild auf ein weisses Papier zu projiciren. Obwohl nun dabei die Fackeln sehr schön hervortreten, ist diese Methode doch nicht anzuwenden, wenn es sich um das feinere Detail der Flecken handelt. Dieses kann man nur durch directes Sehen erkennen, und zwar sind dazu starke Vergrösserungen, daher Objective von grossen Dimensionen erforderlich. Allein bei letzteren ist die Erhitzung der vorgesteckten Blendgläser so bedeutend, dass sie häufig springen, und selbst, wenn diess nicht geschieht, in kurzer Zeit sich so erhitzen, dass man ohne Gefährdung des Auges die Sonne nie mehrere Minuten hindurch unausgesetzt betrachten kann, was doch eben für Detailstudien so wichtig ist. Diesem Uebelstande suchte Melloni durch Einschaltung einer Schicht Wasser, das in lichtgrünen Gläsern eingeschlossen ist, so wie Porro und später Cavalleri, Frisiani u. a. durch Polarisationsapparate zwischen Objectiv und Ocular zu begegnen, doch sind diese Sonnenoculare bisher noch nicht allgemeiner in Anwendung gekommen. Einfacher erreicht man das Abschwächen der Intensität des Sonnenlichtes und der Hitze, wenn man nach Dawes im Brennpunkte des Objectives statt des Diaphragma eine mit einer feinen Oeffnung versehene Metalllamelle einsetzt, so dass nur von einem ganz kleinen Theile der Sonnenoberfläche Licht in's Auge gelangen kann. Mit derartig adjustirten Ocularen ist man sogar im Stande, die Sonne ohne weiteres Blendglas zu betrachten, und Dawes hat mit ihnen im Jahre 1852 die bereits erwähnten schwarzen Partien im eigentlichen Kernflecken aufgefunden. Andere, wie Hodgson, lassen den Lichtkegel, ehe er in's Ocular gelangt, erst von einer oder auch mehreren Glasplatten reflectirt werden, wodurch ebenfalls der grösste Theil des Lichtes verloren geht, und man nebenbei den Vortheil hat, auch grössere Partien der Sonne auf einmal zu sehen. Herschel d. j. schlägt die Construction eines eigenen Helioskops vor, worunter er einen Reflector versteht, dessen Spiegel aus concav geschliffenem Glas besteht, das aber an der Rückseite nicht amalgamirt, sondern matt geschliffen ist, um das gebrochene Licht verloren gehen zu lassen.

1630 zu Bracciano in Italien. Er soll den ersten Flecken zu Ingolstadt, wo er Professor war, im März 1611 gesehen und ihn seinen Zuhörern gezeigt haben. Die Nachricht davon verbreitete sich, wie er sagt, sehr schnell, und er wurde von mehreren Freunden dringend ersucht, seine Entdeckungen bekannt zu machen, allein er ward daran durch die Betrachtung gehindert, dass die Sache zu neu und mit den Grundsätzen der Philosophie seiner Zeit nicht im Einklange erscheinen würde. Flecken oder Fehler in der Sonne zu sehen, schien allen bisher gehegten Ideen von diesem Gestirne, dem Sinnbilde der höchsten Reinheit, zu widersprechen. Demungeachtet wollte er es endlich wagen, seine Beobachtungen öffentlich mitzutheilen, aber sein Provinzial, Theodor Busäus, ein peripatetischer Zelot, hielt ihn davon zurück, indem er sagte: »Von solchen Dingen habe ich nichts in meinem Aristoteles gelesen; das sind blosse Einbildungen oder Fehler deines Auges, oder auch deiner Gläser, mein Sohn, und du wirst besser thun, diese Sachen bei dir zu behalten.« — Dessen ungeachtet konnte Scheiner nicht ganz schweigen, und gab daher seinem Freunde Velser, Bürgermeister von Augsburg, im December 1611 in drei Briefen von seiner Entdeckung Nachricht, welche Briefe dann Letzterer im Januar 1612 unter dem Titel: *Apelles post tabulam* drucken liess.

Galilei scheint nach Plana's Untersuchungen diese Flecken bereits um die Mitte des Jahres 1610 gefunden, und auch schon im April 1611 in Rom gezeigt zu haben. Doch veröffentlichte er über diesen Fund nichts, nicht einmal ein Anagramm, was er doch sonst bei allen seinen wichtigeren Entdeckungen gethan hatte, und trat erst dann mit seinen Ansprüchen hervor, als Scheiner's Briefe schon lang veröffentlicht waren. Nun erhob sich zwischen beiden ein heftiger jahrelang fortgeführter Prioritätsstreit, in welchem einer den andern des Plagiates beschuldigte, beide aber, was wohl das Merkwürdigste ist, Fabricius völlig ignorirten, der doch zweifelsohne wenigstens vor Scheiner diese Flecken entdeckt hatte. Allein selbst zugegeben, dass sie Galilei einige Wochen früher als Fabricius erblickt habe, so bleibt dem Letzteren, und in noch höherem Grade Scheiner immerhin der Ruhm, diese Gebilde fortgesetzt beobachtet zu haben. Scheiner's Werk enthält 774 Folioseiten, die ganz diesen Beobachtungen gewidmet sind, und man sieht, dass er auch die Theorie dieser Flecken und ihre Bewegungen im Allgemeinen richtig aufgefasst hatte. Galilei lobte ihn früher selbst wegen seines hohen und seltenen Talentes, und Hevel, dem in dieser Sache wohl ein Urtheil zustand, nennt ihn einen Mann *incomparabilis et omnigenae eruditionis, qui hac in re omnibus palmam praeripuit.* Scheiner beobachtete die Sonnenflecken unausgesetzt, von dem Jahre 1618 bis 1627, durch neun Jahre, und reducirte alle seine Beobachtungen auf die Ekliptik, um durch dieselben die Rotationselemente der Sonne zu finden.

§. 23. (Entstehung der Flecken.) Lang waren die Meinungen der Astronomen darüber getheilt, wie diese Flecken eigentlich zu erklären seien. Zuerst glaubte man, dass es opake Auswürfe, gleichsam Schlacken aus Sonnenvulkanen wären. Andere, wie Scheiner, aber nur durch kurze Zeit, gleich nach deren Entdeckung, hielten sie für dunkle Planeten oder Satelliten der Sonne, die sich, wie Merkur und Venus, nur in geringer Entfernung um die Sonne bewegen. Man wollte daher diesen Planeten

auch besondere Namen geben. So nannte sie der Astronom Tarde die *lunas Borbonicas*, und Malapertius die *sidera austriaca*, weil sie Scheiner, ein österreichischer Jesuit, entdeckt haben sollte. Man sieht, dass jene beiden Meinungen keiner umständlichen Widerlegung bedürfen, da der ersteren die Grösse der Flecken zu sehr widerspricht, und nach der letzteren die bei jedem Flecken beobachtete optische Verkürzung an den Sonnenrändern schlechterdings unmöglich wäre. Wieder andere endlich waren der Ansicht, dass das die Sonne bedeckende Lichtmeer einer Art von Ebbe und Fluth unterworfen sei, durch welche zuweilen die unteren Gegenden, gleichsam Theile jenes Meerbodens, oder auch früher bedeckte Berge bloss gelegt werden. Die letzte Ansicht schien selbst Lalande sehr annehmbar, obschon er einige Modificationen an dieselbe angebracht wünschte. Er hält die Flecken für Bergspitzen, die über die Lichthülle der Sonne sich zu erheben scheinen, wenn die Photosphäre sich zuweilen gegen den Mittelpunkt herabzieht. Die oben erwähnte graue Einfassung erklärte er dadurch, dass dieses Lichtmeer, wo es den Berg berührt, in grösseren Entfernungen von dem Gipfel allmählich tiefer wird und immer weniger von dem an sich dunklen Berge durchschimmern lässt. Allein dagegen spricht die ganz gleichförmige Schattirung des oft sehr breiten Randes, die doch, wenn jene Erklärung richtig wäre, allmählich lichter werden müsste, so wie auch die scharfe Begrenzung der beiden Seiten dieser Ränder, und ganz unwiderlegbar die in neuester Zeit bewiesene Eigenbewegung der Sonnenflecken.

Diesen Hypothesen gegenüber, welche als blosse Träumereien betrachtet werden müssen, versuchten Andere, den einzig rationellen Weg jeder Naturforschung einschlagend, aus dem Detail der Beobachtungen selbst die Grundlagen einer Hypothese über das Wesen der Flecken zu schöpfen. Unter diesen haben Schülen, ein deutscher, und Wilson, ein englischer Astronom, das Verdienst, zuerst auf das sehr oft vorkommende Factum hingewiesen zu haben, dass bei Flecken, welche in der Mitte der Sonne einen zu beiden Seiten gleich breiten Halbschatten besitzen, dieser vor der Sonnenmitte links, dagegen nach derselben rechts breiter erscheint, zum Beweise, dass die Kerne der Flecke tiefer stehen als die Photosphäre oder doch als die Halbschatten; denn in der That ist diese Erscheinung die nothwendige Folge einer Vertiefung, während sich bei einer Erhöhung gerade das Gegentheil zeigen würde. Diese Wahrnehmung benützend, stellte Wilson eine Theorie über die Constitution des Sonnenkörpers auf, welche W. Herschel adoptirte und genauer ausführte. Nach der Darstellung des letzteren *(Philos. Transact. 1801)* besteht die erste oder äusserste sphärische Umgebung der Sonne aus einem Lichtmeere (Photosphäre), welches durch ein zweites unter ihm liegendes äusserst elastisches und transparentes Fluidum immer in einer grossen Höhe über der Sonne erhalten wird. Unter dieser zweiten liegt eine dunkle wolkenartige Schicht, und unter dieser endlich erst der eigentliche feste, nicht selbst leuchtende oder wenigstens relativ dunkle Sonnenkörper. Wird nun durch Revolutionen irgend welcher Art die Lichtsphäre zerrissen, so thürmt sich um die dadurch entstehenden Höhlen in der höchsten Sonnenschicht die zurückgedrängte Lichtmaterie gleichsam in leuchtenden Wänden auf, deren Licht, nachdem es durch die transparente zweite Hülle ungehindert durchgedrungen, die

untere, dunkle Wolkenschicht erhellt und sie dadurch als aschgraue matt leuchtende Flecken sichtbar macht, während die in der Nähe der Ränder dieses Fleckens zusammengedrängte Lichtsubstanz die Erscheinungen der Fackeln und Lichtknötchen hervorbringt. Sind aber die Revolutionen so heftig, dass sie sich der Wolkenschicht mittheilen und auch diese zersprengen, so wird dadurch der eigentliche dunkle Sonnenkörper blossgelegt, und erscheint als der schwarze Kern des Fleckens, weil er nur sehr wenig Licht von der Photosphäre erhalten kann, indem er von der ihm zunächst liegenden wolkenartigen, jetzt die Penumbra bildenden Schicht beschattet wird.

Mit dieser Theorie, welche, der Hauptsache nach, merkwürdigerweise schon im 15. Jahrhunderte durch Nikolaus von Cusa gleichsam intuitiv ausgesprochen wurde, erklärten sich die Zeitgenossen und spätere Astronomen fast ohne Ausnahme einverstanden. Dieselbe wird noch wesentlich durch den Umstand gestützt, dass die Fleckenkerne beim Eintritte in die Sonnenscheibe oft erst nach dem Halbschatten sichtbar werden, hingegen beim Austritte früher als dieser verschwinden. Indessen bedarf diese Hypothese seit der Entdeckung von Dawes, dass in dem Kerne der Flecken nicht selten noch andere, schwärzere Partien (§. 15) vorkommen, einer kleinen Modification, die in der Annahme einer neuen Umhüllung besteht. Es denkt sich nämlich Dawes den Sonnenkörper unmittelbar von einer zarten schwach leuchtenden Schicht eingehüllt, an die sich erst die oben besprochenen Herschel'schen Schichten anschliessen. Nach dieser Ansicht sehen wir im sogenannten Kerne nicht direct den Sonnenkörper, sondern dieser Kern ist noch von der letzterwähnten Hülle umflossen; erst wenn auch diese zertheilt wird, liegt der Sonnenkörper in den dunkelsten Stellen des Kernfleckens ganz offen vor uns.

Diese sinnreichen Erklärungen, welche allen Erscheinungen, so weit wir sie kennen, genügten, hat in neuerer Zeit Kirchhoff aus physikalischen und chemischen Gründen, welche mit seinen Spectraluntersuchungen im Zusammenhange stehen, angegriffen und durch eine andere Hypothese zu ersetzen versucht. Kurz nach der Entdeckung der Sonnenflecken hielten eine Reihe von Astronomen, Galilei an ihrer Spitze, die Flecken um ihrer grossen Veränderlichkeit willen für etwas Wolkenartiges, hierbei je nach ihrer Vorstellung von der Sonne bald mehr an unsere gewöhnlichen Wolken, bald mehr an Rauchwolken oder aufsteigende Dämpfe denkend. Dieser Auffassung, die schon seit lange vergessen schien, nähert sich Kirchhoff nun wieder, indem er die Sonne als einen Feuerball in der höchsten Glühhitze betrachtet, welcher nach Art unserer Erde mit einer Atmosphäre umgeben ist, in der ähnliche Vorgänge wie in der unserigen stattfinden, und locale Temperaturerniedrigungen dort wie hier die Veranlassung zur Bildung von Wolken geben, nur mit dem Unterschiede, dass die Sonnenwolken ihrer chemischen Beschaffenheit nach von den unsrigen verschieden sein würden. Wenn eine Wolke dort sich gebildet hat, so werden alle über derselben liegenden Theile der Atmosphäre abgekühlt werden, weil ihnen ein Theil der Wärmestrahlen, welche der glühende Sonnenkörper ihnen vorher zusandte, durch die Wolke entzogen wird. Diese Abkühlung wird um so bedeutender sein, je dichter und grösser die Wolke ist, und dabei erheblicher für diejenigen Punkte, die nahe über der Wolke liegen, als

für die höheren. Eine Folge davon wäre, dass die Wolke mit beschleunigter Geschwindigkeit von oben her anwächst und kälter wird. Ihre Temperatur sinkt unter die Glühhitze; sie wird undurchsichtig und bildet den Kern eines Sonnenfleckens. Aber auch noch in beträchtlicher Höhe über dieser Wolke findet Temperaturerniedrigung statt; sind hier irgendwo durch die Tiefe der schon herrschenden Temperatur oder durch das Zusammentreffen zweier Luftströme die Dämpfe ihrem Condensationspunkte nahe gebracht, so wird diese Temperaturerniedrigung die Bildung einer zweiten Wolke bewirken, die weniger dicht ist als jene, weil in der Höhe, der geringeren Temperatur wegen, die Dichte der vorhandenen Dämpfe kleiner ist als in der Tiefe, und die, theilweise durchsichtig, den Halbschatten bildet, wenn sie eine hinreichende Ausdehnung gewonnen hat. Auch auf der Erde sehen wir bisweilen gleichzeitig in verschiedenen Höhen Wolken entstehen, dichtere in der Tiefe, weniger dichte in der Höhe.

Auf den ersten Blick scheint auch diese Hypothese den Erscheinungen zu genügen. Bei näherer Betrachtung aber wird man finden, dass vor allem der oben beschriebenen Verkürzung von Halbschatten und Fleckenkern am Rande der Sonne mit dieser Erklärung nicht entsprochen wird; überdiess darf man nicht vergessen, dass bereits im vorigen Jahrhunderte von Lahire, Cassini, Herschel d. ä. und in neuerer Zeit namentlich von Dawes am 22. October 1859 und von Howlett am 4. August 1862 berichtet wird, es haben sich beim Austritte grosser Flecken enge kanalartige Einschnitte im Sonnenrande gezeigt, während andererseits die Annahme einer Aufstauung der Lichtmaterie in den Fackeln z. B. durch die Beobachtungen von Dawes am 22. Januar 1852 und 22. November 1859 eine directe Bestätigung erhalten hat, indem nach denselben die Fackeln als bergartige Erhöhungen über den Sonnenrand hinausragten. Aus diesen Gründen bleibt die Wilson-Herschel'sche Theorie vor wie nach die plausibelste, besonders wenn man damit die weiter unten beschriebenen Phänomene bei totalen Sonnenfinsternissen zusammenhält. Das Hypothesische an dieser Theorie bilden nach Secchi's sehr richtiger Bemerkung die oben besprochenen Hüllen; der andere Theil, nämlich dass die Flecken Vertiefungen angehören, kann als erwiesene Thatsache angesehen werden.

§. 24. (Zusammenhang zwischen Sonnenflecken und anderen Erscheinungen.) Da die Sonne für die Erde die Hauptquelle von Licht und Wärme ist, liegt der Gedanke nahe, dass die Aenderungen, welche auf ihr vorgehen, auch auf die Licht- und Wärmemenge, welche sie der Erde spendet, einwirken werden, und dadurch mittelbar auf alle von letzteren abhängigen Grössen, als da sind Witterungsverhältnisse, Fruchtbarkeit etc. Herschel d. ä. glaubte in dem Auftreten vieler Flecken auf der Sonnenfläche die Zeichen einer turbulenten Bewegung der Lichthülle zu erblicken, und da er die Wärme und Lichtausstrahlung als das Resultat chemischer Processe betrachtete, die bei energischen Actionen auf der Sonne mit grösserer Intensität auftreten dürften, schloss er, dass fleckenreiche und fleckenarme Jahre sich auch durch verhältnissmässig hohe und niedere Temperaturen charakterisiren würden. Da ihm die hierzu nöthigen Temperaturbeobachtungen mangelten, verglich er die Brodpreise der letzten Decennien des vorigen Jahrhunderts in England mit dem Fleckenreichthume auf der Sonne, und fand, dass den flecken-

reicheren Jahren durchschnittlich reichere Ernten entsprechen als den fleckenarmen, worin er eine Bestätigung seines Schlusses zu sehen vermeinte, weil nach seiner Ansicht eine grössere Wärme grössere Fruchtbarkeit bedingte. Gegen diese Ansicht sprachen sich Arago, Secchi und Gautier aus, indem sie hervorhoben, dass das Auftreten vieler Flecken die leuchtende, also wohl auch wärmende Oberfläche der Sonne vermindere und dadurch einen Ausfall in der mittleren Temperatur bedingen müsse, wobei sich Secchi insbesondere auf seine eigenen Beobachtungen und die Anderer stützte, dass die Flecken wirklich weniger Wärme ausstrahlen, als der übrige Theil der Sonne. Man wies diess dadurch nach, dass man mittelst eines Sonnenokulares von Dawes einmal einen grossen Flecken, sodann eine andere Partie der Sonnenfläche auf eine Thermosäule wirken liess. Gautier suchte seine Ansicht auch numerisch zu begründen, indem er 11jährige Thermometerbeobachtungen, angestellt an 62 über Europa und Amerika vertheilten Beobachtungsstationen, discutirte und in denselben eine, wiewohl um sehr wenig höhere Mitteltemperatur in fleckenarmen Jahren angedeutet fand. Diese Untersuchungen nahm Wolf im Jahre 1859 nochmals vor, und bemerkte bei der Vergleichung des Fleckenstandes mit mittleren Jahrestemperaturen in Berlin, dass die Beobachtungen des vorigen Jahrhundertes Herschel, die des jetzigen aber Gautier Recht geben, jedoch nirgends in entscheidender Weise, sondern stets mit so kleinen Differenzen, dass deren Realität nicht verbürgt werden kann. Aus diesen Untersuchungen resultirt also im Allgemeinen: die Sonnenflecken haben keinen für uns merkbaren Einfluss auf die mittlere Jahrestemperatur. Zwar kann das Urtheil noch nicht als ein definitives betrachtet werden, da demselben nur die Vergleichung der Witterungsverhältnisse eines einzelnen Landes mit den Sonnenflecken zu Grunde liegt, allein immerhin muss man das erhaltene Resultat als ein wahrscheinliches bezeichnen. Denn mögen Sonnenflecken auch weniger Wärme erregen, als ein gleich grosser Theil der fleckenfreien Scheibe, so ist die Verminderung wohl zu unbedeutend, um auf das Thermometer wirken zu können, da in den beiden letzten Jahrhunderten schwerlich je $^1/_{100}$ der ganzen Sonnenscheibe von Flecken bedeckt war. Ueberdiess ist sehr zu beachten, dass die Flecken von Fackeln begleitet sind, die noch einen Theil des Wärmeausfalles ausgleichen mögen. Anders allerdings kann sich die Sache gestalten, wenn, wie in den oben erwähnten zwei Jahren des sechsten und siebenten Jahrhundertes, ein grosser Theil der Sonne wochenlang von Flecken überzogen bleibt; in diesem Falle freilich ist eine merkbare Wirkung auf die Witterung kaum zu bezweifeln.

Wenn nun auch diese Untersuchung über den Einfluss der Sonnenflecken auf die Witterung ein negatives Resultat ergab, so haben doch andere Beobachtungen einen tiefer liegenden Zusammenhang der Flecken mit gewissen auf unserem Erdballe wirkenden Kräften vermuthen lassen, der weit über die Grenzen unseres Wohnsitzes bis an die unseres Sonnensystemes reichen, und uns so statt eines tellurischen ein kosmisches Phänomen kennen lehren würde, als ein neues Band, das die Planeten mit ihrem Centralkörper verknüpft. Im Jahre 1852 fanden fast gleichzeitig und von einander unabhängig Sabine, Gautier und Wolf die Sonnenfleckenperiode zusammenfallend mit jener, welche für die magnetischen Variationen aufgefunden worden war, derart, dass nicht

nur die Dauer der beiden Perioden übereinstimmte, sondern auch Maximum mit Maximum, Minimum mit Minimum. Um jedoch diese doppelte Periodicität streng zu erweisen, war noch nöthig, zu zeigen, dass die jetzige Uebereinstimmung nicht bloss ein Werk des Zufalles sei, dass nämlich beide Perioden nicht bloss näherungsweise eine gleiche Länge besitzen, und gerade zufällig jetzt ein nahes Zusammentreffen der Maxima und Minima stattfindet, das im Laufe der Zeit wieder verschwinden könnte, sondern, dass diese Coincidenz auch früher immer eine vollständige gewesen sei. Die beiden erstgenannten Beobachter verfolgten diesen Gegenstand nicht weiter, wohl aber unterzog sich Wolf dieser des weit zerstreuten mangelhaften Materiales wegen äusserst mühevollen Arbeit, und hat im Laufe des letzten Decenniums nachgewiesen, dass die Periode der magnetischen Variationen $11\,{}^1/_9$ Jahre betrage, und sämmtliche bei Sonnenflecken und magnetischen Variationen gleichzeitig beobachteten Perioden auf's Vollkommenste harmoniren, derart, dass eine Störung in der einen, auch in einer solchen der andern sich vollständig abspiegelt. Das letztere ist wohl der sicherste Beweis irgend eines Zusammenhanges beider Phänomene. Uebrigens kennen wir noch einen andern, directen Grund, die Zusammengehörigkeit von Lichtentwicklungsprocessen auf der Sonne mit den magnetischen Erscheinungen auf der Erde zu vermuthen. Bei der oben erwähnten abnormen Lichtentwicklung, die Carrington und Hodgson sahen, zeigten, nach der Bemerkung des Letzteren, die magnetischen Instrumente in Kew eine sehr bedeutende Störung, welcher in der nächsten Nacht ein über die ganze Erde verbreiteter Sturm folgte.

So interessant diese Wahrnehmungen sind, muss man sich doch wohl hüten, daraus sofort auf einen eigentlichen Causalnexus beider Phänomene zu schliessen; die Uebereinstimmung kann eben so gut gleichzeitige Wirkung irgend einer gemeinsamen Ursache sein und an sich nichts zu sagen haben. So liesse sich z. B. eine ähnliche Analogie zwischen der Temperatur der einzelnen Monate und der Höhe, zu welcher der Mond im Volllichte bei den verschiedenen Jahreszeiten sich erhebt, in allen Stadien dieser beiden Erscheinungen aufstellen und doch haben dieselben, wie wir wissen, weiter keine Beziehung zu einander. Wolf hat diese Untersuchungen übrigens noch weiter ausgesponnen, indem er auch eine ähnliche Periodicität bei den Nordlichtern nachwies, die wohl von vornherein zu vermuthen war, da man den Zusammenhang dieses Phänomenes mit dem Magnetismus der Erde längst erkannt hat. Endlich suchte Wolf die verschiedenen Phasen der Sonnenflecken mit den Umlaufszeiten einiger Planeten in Verbindung zu bringen — Gebiete, auf die wir ihm einstweilen nicht folgen wollen.

§. 25. (Beschaffenheit und Erhaltung der Photosphäre.) Wir haben auseinander gesetzt, dass die Sonnenflecken höchst wahrscheinlich Vertiefungen in einer die Sonne umgebenden Lichthülle sind. Es drängt sich nun alsogleich die Frage auf, ob diese Lichthülle in der That das ist, was sie zu sein scheint, nämlich ein immenses Feuermeer. Wenn sie diess sein soll, so ist das Sonnenfeuer gewiss von unserem irdischen der Intensität nach sehr verschieden. Denn wie sollte unser Feuer, auch in noch so grossen Massen angehäuft, in einer Entfernung von mehr als 20 Millionen Meilen, noch Kraft genug besitzen, die Haut des Negers schwarz zu färben und den Saft des Zuckerrohres zu sieden?

Das stärkste, ja, wie früher nachgewiesen wurde, so ziemlich das einzige Entbindungsmittel der Wärme ist immer das Sonnenlicht. Wenn die Strahlen der Sonne in unsern Brenngläsern oder in Hohlspiegeln gesammelt werden, so erzeugen sie eine so grosse Hitze, dass die diesen Strahlen ausgesetzten Körper oft schon in wenigen Augenblicken verbrennen oder sich verglasen, wenn sie auch sonst, wie z. B. unser Diamant, dem intensivsten irdischen Feuer unbeschadet ausgesetzt werden können. Dieser Umstand, und im Vereine mit ihm noch mehrere andere Gründe sprechen dafür, dass die Temperatur auf der Oberfläche der Sonne selbst ungemein gross sein müsse.

Das Licht sowohl als die radiirende Wärme nimmt, unseren Beobachtungen zufolge, in demselben Masse ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, so dass sie z. B. in der Entfernung von 2, 3, 4 .. Meilen nur mehr $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$.. von dem ist, was sie in der Entfernung von einer Meile beträgt. Wenn nun die durch die Sonnenstrahlen auf unserer Erde erregte Hitze so bedeutend ist, wie stark muss sie auf der Oberfläche der Sonne selbst auf für sie gleich empfängliche Körper wirken! Man kann durch Rechnung zeigen, dass die Hitze, welche die Sonne z. B. auf eine Quadratmeile ihrer eigenen Oberfläche ausübt, über 300,000mal grösser ist, als diejenige, welche sie auf eine eben so grosse Stelle der Oberfläche unserer Erde äussert. Unsere Brenngläser sind weit entfernt, eine so grosse Hitze zu erzeugen, oder die Strahlen der Sonne 300,000mal zu verdichten, und doch kann man in den Brennpunkten dieser Gläser Gold, Platina und selbst Diamanten schmelzen und zerstören.

Unsere künstlichen oder irdischen Feuer senden bekanntlich ihre Wärmestrahlen desto leichter durch das Glas, je intensiver diese Feuer sind. Ein intensiveres Feuer schickt auch verhältnissmässig mehr Strahlen durch dasselbe Glas. Nun gehen aber die Strahlen der Sonne mit einer ganz besonderen Leichtigkeit durch das Glas. Mit dem sogenannten Aktinometer, einem unserer verlässigsten physikalischen Instrumente, fand der jüngere Herschel, dass von je 1000 Wärmestrahlen der Sonne 816 durch eine Glasplatte von $1\frac{1}{2}$ Linie Dicke gehen, und dass von 1000 bereits durch eine solche Platte gegangenen Strahlen wieder 860 noch stark genug sind, durch eine zweite, eben so dicke Glasplatte zu gehen. Unsere irdischen Feuer sind sämmtlich weit entfernt, solche Leichtigkeit des Durchgangs zu zeigen, sie stehen daher auch wahrscheinlich dem Feuer der Sonne an Intensität eben so weit nach.

Wenn man eine brennende Kerze oder Fackel, ja selbst das lebhafteste irdische Feuer zwischen Auge und Sonne hält, so verschwinden sie gleichsam für unsern Blick, indem sie sich auf der viel intensiveren Sonnenscheibe bloss als dunkle Flecken zeigen. Selbst das bekannte Drummond'sche und das noch viel hellere Davy'sche Licht, die intensivsten Illuminatoren, die wir bisher hervorbringen können, bemerken wir nur als mattere Partien auf dem noch viel helleren Hintergrunde der Sonne.

Der letzterwähnte Umstand lässt es nicht unmöglich erscheinen, dass der eigentliche Sonnenkörper, so dunkel er uns auch in den Flecken vorkommen mag, sich in einem Zustande der heftigsten Conflagration befindet. Doch ist diess eine blosse Vermuthung: denn es kann z. B. auch der eigentliche Kern zunächst an seiner Oberfläche mit

einer Licht und Wärme vollkommen reflectirenden Decke überzogen sein, welche ihn vor der Radiation der Photosphäre schützt, und in einer niedern Temperatur erhält. Andeutungen einer solchen spiegelnden Ueberkleidung haben wir auch in der Penumbra der Flecken, jener grauen Wolkenschicht, welche diese Gebilde umsäumt.

Allein selbst zugegeben, dass dem eigentlichen Sonnenkörper keine sehr hohe Temperatur zukomme, so können wir aus den oben entwickelten Gründen nicht leugnen, dass die Photosphäre eine ungemein hohe Temperatur besitzt oder zum wenigsten in den Weltraum beständig ein Wärmequantum ausstrahlt, welches weit über unsere Vorstellungskraft geht. Aus seinen mit dem Aktinometer angestellten Versuchen zieht Herschel d. j. den Schluss, dass die erwärmende Kraft der Sonne im Stande wäre, auf der Oberfläche der Erde jährlich eine 92 Wiener Fuss dicke Eisschichte abzuschmelzen, welche Grösse neuere sorgfältige Experimente Pouillet's noch etwas vermehren, indem sie dafür 98 Fuss festsetzen. Halten wir uns an die letzte Angabe als die genauere, so kann man daraus berechnen, dass der von den Sonnenstrahlen auf die Erde ausgeübte Effect hinreichen würde, jede Minute $5\,{}^1/_2$ Kubikmeilen Wasser um 1^0 C. zu erwärmen. Allein die Erde empfängt keineswegs die von der Sonne im Ganzen ausgesandte Wärme, sondern nur einen sehr geringen Bruchtheil derselben. Denn denkt man sich um die Sonne eine Hohlkugel, deren Halbmesser der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne gleich ist, so können auf der Peripherie derselben 2300 Millionen der Erde an Grösse gleiche Kugeln neben einander gereiht werden, und es würde vermöge der allseitig geradlinigen Fortpflanzung von Licht und Wärme, jede Kugel dieselbe Wärmemenge empfangen wie die Erde, so dass die Sonne im Ganzen während einer Minute so viel Wärme ausstrahlt, dass 12650 Millionen Kubikmeilen Wasser um 1^0 C. erwärmt werden könnten. Wie riesig gross diese Masse ist, kann man daraus entnehmen, dass eine aus dieser Wassermenge gebildete Kugel einen Durchmesser von 2890 Meilen haben müsste, und unsern Erdball an Volum um das Fünffache übertreffen würde. Sind diese Zahlen schon an sich unfassbar, so würden wir zu noch weit enormeren Summen geführt werden, wollten wir die in einem Jahre oder gar in Jahrtausenden ausgestrahlte Wärme angeben. Um sie jedoch unserem Vorstellungsvermögen einigermassen näher zu bringen, wollen wir sie mit andern kosmischen Grössen vergleichen, und uns den ganzen riesigen Sonnenkörper aus einem Klumpen der besten Steinkohlen bestehend und im heftigsten Brande begriffen denken. Dann wäre die Sonne nicht länger als 46 Jahrhunderte im Stande, den erforderlichen Wärmeaufwand zu bestreiten.

Bei dieser erstaunlichen Ausstrahlung müsste ein Körper auch von der Grösse unserer Sonnenkugel bald sich von der heftigsten Glühhitze abkühlen, wenn nicht ein angemessener Ersatz statt fände. Denn nimmt man auch die Wärmecapacität der Sonnenmasse sehr hoch an, nämlich gleich der des Wassers, und denkt man sich zugleich den Wärmeverlust, den sie durch Strahlung erleidet, auf ihre ganze Masse gleichförmig vertheilt, so ergibt sich doch für dieselbe eine jährliche Abkühlung von $1\,{}^8/_{10}{}^0$ C., wonach die Sonne in der historischen Zeit, dieselbe zu 5000 Jahren gerechnet, bereits eine Temperaturabnahme von 9000^0 C. erlitten haben müsste.

Und doch ist an eine gleichförmige Abkühlung der ganzen Masse nicht zu denken; vielmehr müsste die Sonne, wenn ihre Ausstrahlung nur auf Kosten eines einmal gegebenen Vorrathes von Wärme erfolgen sollte, offenbar in kurzer Frist sich mit einer erkalteten Kruste überziehen, welche fortan die Radiation hinderte. Die durch eine ungezählte Reihe von Jahrtausenden fortdauernde Thätigkeit der Sonne lässt also mit mathematischer Gewissheit auf einen dem grossartigen Verbrauche entsprechenden Ersatz schliessen.

In welchen Quellen sollen wir aber diesen Ersatz suchen? Chemische Processe wie z. B. Verbrennungen, reichen, wie wir oben gesehen haben, selbst unter den allergünstigsten Voraussetzungen höchstens einige wenige Jahrtausende aus, elektrische Vorgänge etwa sind noch ungenügender, wo es sich um die Hervorbringung so grossartiger lange dauernder Effecte handelt. Es bleiben uns daher nur noch mechanische Processe übrig, von denen man auf den ersten Blick eine derartige Wirkung am allerwenigsten erwarten sollte, da die bei terrestrisch mechanischen Processen erzeugte Wärme der Menge nach in der Regel weit hinter der durch Verbrennung gewonnenen zurückbleibt. Die Ursache hiervon liegt jedoch darin, dass wir mit unsern Mitteln mechanische Processe in genügend grossen Proportionen hervorzubringen nicht im Stande sind. Man hat nämlich ermittelt, dass ein Körper, welcher mit der Geschwindigkeit von 269 Wiener Fuss in der Sekunde gegen eine feste Wiederlage stösst, und dadurch zur Ruhe kommt, um 1° C. erwärmt wird, falls seine Wärmecapacität die des Wassers ist. Diess ist nun für diese nicht unbedeutende Geschwindigkeit wenig genug, allein da nach den Gesetzen der Mechanik der Effect dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional wächst, so muss der Körper, wenn er sich 100mal schneller, oder mit einer Geschwindigkeit von 26,900 Fuss ($1\frac{1}{10}$ Meile) bewegt, bei einem Stosse, der ihm dieselbe gänzlich raubt, eine Temperaturerhöhung von 10,000° C. erhalten, also bereits eine grössere als er durch das Verbrennen eines gleichen Gewichtes Steinkohlen erhielte, da dieselbe höchstens 6000° erreicht.

Allerdings können wir nun auf unserer Erde so grosse Geschwindigkeiten nicht erzielen, allein im Weltall kommen sehr oft noch weit grössere vor. Schon die sogenannten Meteorsteine, kleine Himmelskörperchen, welche wie die Erde um die Sonne laufen und von der ersteren, wenn sie in ihre Anziehungssphäre gelangen, zum Falle auf sie herab genöthigt werden, treten mit einer Geschwindigkeit von 4—20 Meilen in der Sekunde in unseren Luftkreis. Weil nun dieser die Bewegung rasch verlangsamt, tritt eine so grosse Wärmeentwicklung ein, dass die Meteorsteine in die heftigste Glühhitze gerathen und lebhaft Funken sprühen, ja oft in diesem Verbrennungsprocesse ganz verzehrt werden und dabei die bekannten Erscheinungen eines Sternschnuppenfalles liefern. Zwingt aber bereits die Erde kosmische Massen, die in ihre Nähe gerathen, mit sehr bedeutender Geschwindigkeit in sie herabzustürzen, um wie viel mehr muss diess nicht bei der um so vieles mächtigeren Sonne der Fall sein. Es ist auch nicht schwer zu berechnen, dass eine im Weltraume befindliche Masse, wenn sie in die Anziehungsphäre der Sonne geführt und dadurch zum Sturze auf dieselbe gezwungen wird, mit einer Schnelligkeit von 60—85 Meilen in der Sekunde auf der Oberfläche dieses Centralkörpers anlangt. Diese riesige

Schnelligkeit verliert sie plötzlich beim Zusammenstossen mit der Sonne, und würde die dadurch frei werdende lebendige Kraft bloss in Wärme übergeführt, so müsste die stürzende Masse eine Temperaturerhöhung von 28 ½ — 57 ½ Millionen Graden, oder die millionfache Masse eine solche von 28 ½ — 57 ½ Graden C. erfahren. Dabei wird stets vorausgesetzt, dass die Wärmecapacität der Masse gleich sei der des Wassers, d. h. dass eine gewisse Wärmemenge ihre Temperatur um dieselbe Anzahl Grade erhöht wie die Temperatur eines gleichen Gewichtes Wasser. Ist sie geringer, etwa die des Eisens oder Quecksilbers, welche beziehungsweise $^1/_9$ und $^1/_{33}$ von jener des Wassers beträgt (was so viel sagen will, als dass die Temperatur von einem Pfunde dieser Körper durch eine Wärmemenge, die ein Pfund Wasser um 1^0 erhöht, beziehungsweise um 9^0 oder 33^0 gehoben wird), so würde die Temperaturzunahme im inversen Verhältnisse gesteigert, also noch 9- oder gar 33mal grösser gefunden werden.

Aus dem Gesagten dürfte wohl klar werden, dass, wenn auch mechanische Processe in jenen Verhältnissen, in denen sie auf der Erde auftreten, im Allgemeinen mit anderen wie chemischen etc., in so ferne es auf Wärmeentwicklung ankommt, sich nicht messen können, dennoch die bei weitem ergiebigste und intensivste Wärmequelle werden, wenn sie nach jenen grossartigen Verhältnissen in Anwendung kommen, in welchen wir ihnen im Universum begegnen, Verhältnisse, welche die tellurischen, die der Mensch hervorrufen kann, in keinem geringeren Masse übertreffen, als der aus der Wolke niederfahrende Blitzstrahl den elektrischen Funken, den der Naturforscher in seinem Arbeitszimmer einer Elektrisirmaschine entlockt, um an ihm die Eigenschaften des ersteren zu studiren.

Es nahm auch bereits Newton, der erste der über die Constitution des Weltalls sich klarere Begriffe gebildet hat, einen sich stets wiederholenden Sturz kometarischer Materien auf den Centralkörper an, um die fortwährende Verminderung der Sonnenmasse durch Ausstrahlung von Licht und Wärme zu decken. Dieser grosse Naturforscher hielt, wie oben erwähnt, Licht und Wärme für, von den leuchtenden und erwärmenden Körpern ausströmende materielle Substanzen, und erblickte, dieser Ansicht consequent, in dem Ausstrahlen von Licht und Wärme einen Grund zu fortwährendem Verluste ponderabler Materie. Vermöge unserer jetzigen Anschauungsweise können wir allerdings die Vorstellung einer eigentlichen ponderablen Nahrung vermeiden, durch welche das Sonnenfeuer unterhalten werden soll, indem der in dieser Nahrung enthaltene Wärmestoff selbst wieder der Sonne entströmt: indess, auch nach der Vibrationstheorie besteht das Strahlen von Licht und Wärme noch immer in einem rein materiellen Vorgange, in einer Bewegung, einem Erzittern Widerstand leistender Substanzen. Nicht unpassend kann man nach unserer heutigen Vorstellungsweise die Sonne mit einer tönenden Glocke vergleichen. Würde diese ohne irgend einen Widerstand zu erfahren sich bewegen, so könnte und müsste sie die ihr mitgetheilte Schwingung für alle Zeiten beibehalten, ein Ton würde aber hier nicht entstehen, denn ein solcher besteht wesentlich in der Fortpflanzung der Bewegung, und in dem Masse, als die Glocke ihre Schwingungen der widerstandleistenden Umgebung mittheilt, verliert sie nothwendig selbst an Bewegung und kehrt dadurch endlich in den Zu-

stand der Ruhe zurück. Soll sie dann wieder tönen, so muss sie abermals durch eine äussere Gewalt angeschlagen, d. h. in neue Schwingungen versetzt werden, und diese Gewalt ist die Ursache des Forttönens.

Was hier von der Glocke gesagt wurde, gilt in ganz gleicher Weise von der Licht und Wärme spendenden Sonne, denn auch diese ihre beiden Geschenke bestehen aus ähnlichen Vibrationen wie die Schallwellen. Die Sonne bedarf nicht des Sturzes kosmischer Massen, um ihr Gewicht unverändert zu erhalten, denn sie hat ja keine ponderable Masse abgegeben; durch das Ausstrahlen hat sie eben nur lebendige Kraft verloren, und solche führt ihr, wie wir gesehen haben, jede Masse, die sich mit ihr vereinigt, in enormen Quantitäten zu. Die Kometen zwar, zu denen Newton seine Zuflucht nahm, sind allein nicht im Stande, den Wärmeausfall zu decken. Denn, wenn auch Kepler's Ausspruch, es gebe mehr Kometen im Weltraume als Fische im Ocean, wie später gezeigt werden wird, nahezu wahr sein mag, so wissen wir jetzt doch, dass die Masse jedes einzelnen dieser Himmelskörper viel zu geringfügig ist, um der Sonne für eine längere Zeit Ersatz an lebendiger Kraft zuführen zu können, und dürfen andererseits nicht vergessen, dass sie in geschlossenen Bahnen die Sonne umkreisen, und desshalb nur ganz vereinzelt mit ihr zusammenstossen werden. In dieser Verlegenheit kommt uns aber die weitere Organisation unseres Systemes zu Hülfe. Denn ausser den Planeten und Kometen ist der Raum unseres Sonnensystemes noch mit einer grossen Zahl ponderabler Objecte bevölkert. Es sind diess Conglomerate von Massen, die ihrer verhältnissmässig ausserordentlich geringen Grösse wegen als kosmische Atome angesehen werden können, und in elliptischen Bahnen, den Gesetzen der Schwere folgend, die Sonne umkreisen. Sie sind es, die, wenn sie durch Zufall in die unmittelbare Nähe der Erde kommen, das sich unaufhörlich wiederholende Schauspiel der Sternschnuppen und Feuerkugeln darstellen. Da in einer hellen Nacht wohl nie zehn Minuten vergehen, in denen nicht von einem beliebigen Standorte aus wenigstens eine Sternschnuppe wahrgenommen werden kann, andererseits sie aber zu gewissen Zeiten so dicht wie Schneeflocken fallen, lässt sich die Zahl solcher binnen Jahresfrist in die Anziehungssphäre der Erde kommenden Weltkörperchen auf hunderte und tausende von Millionen schätzen. Ohne Zweifel ist diess aber wieder nur ein verschwindend kleiner Theil jener Schwärme von Himmelskörpern, die um die so viel mächtigere Sonne treiben; man verliert sich in's Grenzenlose, wenn man nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit auf diese letzteren schliessen will.

Diese ganze ponderable Materie unseres Sonnensystemes, die Planeten und Kometen mit eingeschlossen, ist nothwendigerweise in einer beständigen Annäherung an den Centralkörper begriffen. Denn in keinem Falle können wir die zwischen den einzelnen Körpern unseres Systemes befindlichen Räume als absolut leer betrachten, indem wenigstens der Aether, jenes elastische Fluidum, das zur Fortpflanzung von Licht und Wärme unbedingt nöthig ist, dieselben ganz durchdringen muss. Aber das Vorhandensein dieses Aethers zugegeben, müssen die Himmelskörper bei ihrer Bewegung einen wenn auch noch so geringen Widerstand erfahren, und können sich nicht wie in einer absoluten Leere, in immer gleichbleibenden geschlossenen Bahnen bewegen, sondern werden

durch dieses widerstandleistende Medium genöthigt, immer kürzere und kürzere Bahnen um die Sonne zu beschreiben, und endlich bleibend sich mit ihr zu vereinigen. Wie lang auch die Dauer, und wie gross auch die Zahl ihrer Umläufe sein mag, so finden dennoch alle wandernden Himmelskörper in jenem Centrum, das ihnen ungemessene Jahrtausende hindurch Leben spendete, ihr gemeinsames Grab, in welches sie endlich mit einem heftigen Stosse stürzen, und so beständig Wärme auf dem Centralkörper dieses kosmischen Systemes erzeugen, damit sich jene Glieder desselben, über welche diese Katastrophe bisher nicht hereingebrochen, noch ferner ihres Daseins erfreuen können.

Doch ist es der Natur der Sache angemessen, dass der Widerstand des Aethers nicht alle Massen unseres Systemes mit derselben Beschleunigung dem endlichen Sturze in die Sonne entgegenführt. Denn während die Planeten ihrer ausnehmenden Grösse und Dichtigkeit wegen nur eine sehr langsame Verminderung ihrer Bahndurchmesser erfahren, müssen sich die kleinen kosmischen Massen unter sonst gleichen Umständen in dem Masse der Sonne rascher nähern, als ihr körperlicher Durchmesser kleiner und die Kometen, als ihre Dichte geringer ist. Es kann daher sehr wohl geschehen, dass in einem Zeitraume, in welchem der mittlere Abstand der Erde von der Sonne nur um wenige Fuss abnimmt, einer der letztgenannten Körper der Sonne um mehrere tausend Meilen genähert wird. Andeutungen des Stattfindens solcher Verhältnisse haben wir auch in unserem Sonnensysteme bereits mehrere: denn während, wie zu erwarten, die Verkürzung der Umlaufszeit aller Planeten seit mehreren Jahrtausenden noch vollständig unmerklich ist, kennen wir schon zwei Kometen, bei denen in jedem Umlaufe um die Sonne eine regelmässige Beschleunigung eintritt.

Aus dem nachgewiesenen Vorhandensein grosser Massen kosmischer Materie in den Räumen unseres Sonnensystemes und eines alles durchdringenden, Widerstand leistenden Mediums ergibt sich mit Nothwendigkeit, dass sich von allen Seiten langsam aber unaufhaltbar ein unermesslicher Strom wägbarer Substanzen der Sonne zuwälzt, der bei der Annäherung an den gemeinschaftlichen Mittelpunkt immer dichter und dichter werden muss. Die Vermuthung liegt desshalb nahe, dass das Zodiakallicht, jener blasse, nebelige Schein, der in ungeheuren Dimensionen die Sonne umgibt, sein Dasein solcher zusammengedrängten kosmischen Materie verdankt, zu deren ringförmiger Anordnung es im Weltalle mehr als eine Analogie gibt, und deren innerste Partien eben im Zusammenstürzen mit dem Centralkörper begriffen sind, indem aus ihnen beständig ganze Schwärme winziger Himmelskörperchen auf ihn mit unglaublicher Geschwindigkeit herabfallen. Erinnern wir uns nun noch an die sonderbare Lichterscheinung, die Hodgson und Carrington am 1. September 1859 auf der Sonnenscheibe wahrnahmen, so drängt sich unwillkürlich die Vermuthung auf, dass diese Männer einem Meteoritenfalle auf die Sonne zugesehen haben, der dort unter einer so intensiven Lichtentwicklung vor sich geht, dass sie selbst auf eine Entfernung von 20,000,000 Meilen sichtbar wird. Man frägt sich, beiläufig gesagt, überdiess, ob man in solchen Vorgängen etwa die Ursache der Sonnenflecken zu suchen hätte, die man als Oeffnungen in der Photosphäre entweder, wie diess gewöhnlich geschieht, durch vulkanische Thätigkeit auf der Sonne oder durch Einwirkungen von aussen entstanden

denken kann. Die oben besprochene Periodicität der Sonnenflecken wäre dann, bei der bekannten regelmässigen Wiederkehr von reichen Sternschnuppenfällen wenigstens auf der Erde, nicht mehr überraschend.

Nach dem eben Gesagten, das in den Hauptzügen von J. R. Mayer herrührt, der in Deutschland vorzugsweise zur Ausbildung der Lehre vom Wärmeäquivalent anregte, scheint also die Erhaltung der Sonnenwärme durch auf den Centralkörper stürzende Massen in der Organisation unseres Systemes begründet. Fragen wir aber, ob bei der erstaunlichen Ausstrahlung diese Ursache allein hinreicht, den Verlust an lebendiger Kraft zu ersetzen, so können wir uns diess allerdings als möglich denken, wenn wir nur eine hinreichende Masse kosmischer Materie annehmen; allein in diesem Falle würde die Masse der Sonne in kurzer Zeit sich so vermehren, dass diess nicht ohne Rückwirkung auf die Dauer der Umlaufszeit der Planeten, die eben durch die Masse der Sonne regulirt wird, bleiben könnte, und da ein solcher Einfluss sich noch nicht merkbar gemacht hat, muss eine Hauptquelle der Sonnenwärme aus andern Ursachen hervorgehen, wenn auch ein Theil derselben zweifelsohne dem Sturze kosmischer Massen ihre Entstehung verdankt.

Nun hat vor einigen Jahren noch auf ein zweites ebenfalls bedeutendes Entbindungsmittel von Wärme unseres Wissens Helmholtz zuerst hingewiesen. Bekanntlich ziehen sich beim Erkalten die Körper zusammen, und es wird daher, wenn die Sonnenoberfläche, diese in der Glühhitze angenommen, durch Ausstrahlung erkaltet, die Peripherie des Sonnenkörpers sich zusammen zu ziehen trachten und dadurch auf die unterhalb befindlichen Theile einen Druck ausüben, der eine desto intensivere Wärmeentwicklung zur Folge hat, je stärker er ist. Helmholtz hat berechnet, dass eine Zusammenziehung des ganzen Sonnenkörpers um wenige Fuss in einem Jahre genügt, den gesammten Wärmeverbrauch zu decken, und so hätten wir an der eigenen Abkühlung der Sonne selbst das Mittel gefunden, Jahrtausende hindurch den jetzigen Zustand unverändert zu erhalten.

Steht aber eine solche jährliche Abnahme des Sonnendurchmessers nicht mit den Beobachtungen im Widerspruch? könnte man fragen. Hierauf ist zu erwiedern, dass die Beobachtungen jetzt und auf lange Zeit hinaus noch keine Entscheidung in dieser Frage herbei zu führen vermögen. Seit wann kennen wir nämlich den Durchmesser der Sonne überhaupt genauer? — Seit der Erfindung des Fernrohres oder eigentlich seit der Anbringung der Mikrometer an die Fernröhre, d. h. seit dem Jahre 1640, von welcher Epoche alle unsere bessern Beobachtungen datiren. Ja selbst jetzt noch kennen wir diesen Durchmesser der Sonne nicht bis auf eine Sekunde, d. h. wir sind in dem wahren Werthe desselben wenigstens noch auf 100 geographische Meilen ungewiss. Wenn daher der wahre Durchmesser seit den letzten zwei Jahrhunderten auch um 2,280,000 Fuss abgenommen hätte, so würden wir jetzt den scheinbaren Durchmesser nur um eine Sekunde, d. h. um eine Grösse kleiner sehen, über die unsere besten Beobachter in diesem Falle noch ganz im Zweifel sind. Ja, wenn der wahre Durchmesser der Sonne selbst täglich um einen Fuss kleiner würde, so würde diess in dem scheinbaren Durchmesser erst nach 12,000 Jahren eine Verminderung von zwei Sekunden erzeugen.

§. 26. (Atmosphäre der Sonne.) Bereits Bouguer hatte bei seinen Untersuchungen über die Intensität des Lichtes an verschiedenen Stellen der Sonnenscheibe gefunden, dass es in der Nähe des Mittelpunktes viel intensiver sei als an den Rändern. Sehr auffällig tritt diese Thatsache durch Projection des Sonnenbildes auf einen weissen Schirm hervor, und dabei wird man auch sogleich gewahr, dass die Farbe des Randes eine andere ist als die des Centrums. Ueber das Verhältniss der Lichtabnahme gegen die Ränder zu hat aber erst Chacornac in neuerer Zeit genauere photometrische Versuche angestellt und gefunden, dass der um das Centrum herumliegende Theil der Sonnenscheibe eine nahezu gleichförmige Helligkeit besitzt bis zu einer $^3/_{10}$ des scheinbaren Sonnenradius betragenden Entfernung; von da an nimmt die Helligkeit anfangs langsam, dann rascher ab, bis sie an den Rändern kaum mehr als die Hälfte jener am Mittelpunkte ausmacht. Er bemerkt hierzu, dass die Lichtintensität des Randes der Fackeln wegen sehr ungleichförmig sei, und dass die Penumbra der Flecken, wenn sie auf der Mitte der Sonnenscheibe sich befinden, noch etwas mehr Licht ausstrahlt als die Ränder der Sonne.

Die Versuche von Secchi haben ausserdem noch das bereits früher vermuthete Factum begründet, dass die Intensität der Wärmestrahlung verschiedener Punkte der Sonnenscheibe nicht nur zu Folge der Absorption in ihrer Atmosphäre verschieden ausfällt, sondern dass die Sonnenoberfläche in jedem Punkte ihre besondere Temperatur habe. Wäre die Ausstrahlung der Wärme an allen Punkten der Sonne gleich, so müsste beim Vorhandensein einer Sonnenatmosphäre das Centrum der Sonne die grösste Intensität zeigen, und diese müsste gegen den Rand zu nach allen Seiten ganz gleichmässig abnehmen. Secchi fand aber mit Hülfe einer, vor dem Okulare eines Fernrohres angebrachten Thermosäule, auf welche er durch eine kleine Oeffnung nach und nach Strahlen von verschiedenen Stellen des Sonnenbildes fallen liess, dass an den Tagen der Beobachtung (20., 21. und 23. März 1852) die grösste Intensität etwa 3 Minuten nördlich vom Sonnenmittelpunkte anzutreffen war.

Ueberhaupt ergab sich aus seinen Beobachtungen, dass, wenn man vom Mittelpunkte der Sonne im Sinne des Declinationskreises nördlich und südlich gegen den Rand zu geht, und das Maximum der Strahlung mit 100 bezeichnet, an verschiedenen Theilen der Sonnenscheibe folgende Intensitäten der Wärmestrahlung herrschen:

	Declinationsdifferenz vom Sonnen-Mittelpunkte		Intensität
Nördlich	14.96	Minuten	57.39
	11.31	„	88.81
	7.5	„	97.5
	3.0	„	100.0
	1.51	„	99.48
Südlich	7.80	„	89.5
	10.90	„	81.32
	14.88	„	54.34

Da zur Zeit der Beobachtung der Sonnenäquator etwa 3 Minuten nördlich vom Mittelpunkte der Sonne fiel, wird man unwillkürlich zu dem Schlusse geführt, dass der Aequator der Sonne wärmer als die

Polargegenden sei. Ist diess richtig, so erklärt sich, warum die Intensität der Wärme in den südlichen Theilen des Bildes, wo der Südpol der Sonne sichtbar war, geringer ausfiel als in den nördlichen, und warum die Curve der Wärmeintensitäten unsymmetrisch ist, indem wegen der Neigung der Sonnenaxe gegen die Ekliptik gleiche Entfernungen vom Mittelpunkte des Bildes sehr verschiedenen heliographischen Breiten entsprechen; dass die Aequatorialgegenden der Sonne wirklich die heisseren sind, bestätigten spätere Versuche im Monate September, in welchem die südliche Hemisphäre entschieden die wärmere war, und der Sonnenäquator südlich vom Mittelpunkte der Sonne fällt.

Es scheinen übrigens nicht nur die Aequatorialgegenden der Sonne eine höhere Temperatur zu besitzen als die Polarregionen, sondern auch die einzelnen Meridiane verschiedene Wärmemengen auszustrahlen. Es hat zuerst Nervander vor einer Reihe von Jahren in den Temperaturen von Innsbruck und Paris eine Periode von 27 ¼ Tag zu finden vermeint, von welcher er vermuthet, dass sie mit der Sonnenrotation zusammenhänge. Aehnliche Resultate erhielt Carlini aus der Berechnung vieljähriger meteorologischer Beobachtungen zu Mailand, und Buys-Ballot bei einer umfassenderen Untersuchung der Temperaturbeobachtungen in Haarlem und Zwanenburg, welche nach seiner Meinung eine Periodicität von $27^{682}/_{1000}$ Tagen verrathen. Zur Erklärung dieser sonderbaren Erscheinung nahm Buys-Ballot an, dass die Sonne nicht in allen Meridianen eine gleich grosse wärmende Kraft besitze, und dass, vorausgesetzt der wärmste Punkt der Sonne bewege sich nicht auf ihrer Oberfläche, seine synodische Umlaufszeit $27^{682}/_{1000}$ Tage betrage. Auch glaubt er sich noch zu dem Schlusse berechtigt, dass jene Seite der Sonne, welche der Erde am 1. Januar zugewendet war, die wärmere sei. Die Richtigkeit der Hypothese der ungleichen Wärmestrahlung der Sonne zugegeben, und die Dauer der Periode nach Buys-Ballot angenommen, kommt man auf eine Rotationszeit der Sonne von $25^{742}/_{1000}$ Tagen oder 25 Tage 17 Stunden 48 Minuten. Da die Unmöglichkeit, aus den Sonnenfleckenbeobachtungen wegen der eigenen Bewegungen dieser Gebilde die Rotationsdauer der Sonne genau zu ermitteln nachgewiesen wurde, andererseits aber diese Beobachtungen immerhin Mittelwerthe für die Rotationsdauer geliefert haben, die der Buys-Ballot'schen Bestimmung sehr nahe kommen, verdient der von diesem und den beiden früher genannten Männern eingeschlagene sinnreiche Weg, die Rotationselemente unseres Centralkörpers zu bestimmen, immerhin Beachtung.

§. 27. (Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen.) Da der Mond, wie wir bald sehen werden, gar keine Atmosphäre besitzt, oder wenigstens eine so dünne, dass sie am Mondrande vorbeigehende Lichtstrahlen von ihrer Richtung nicht abzulenken vermag, sollte man glauben, dass bei Sonnenfinsternissen in dem Augenblicke, wo der Mond die Sonne ganz bedeckt, d. h. in dem Momente des Anfanges der totalen Verfinsterung völlige Dunkelheit herrschen, und insbesondere die Stelle des Himmels, welche das Doppelgestirn einnimmt, lichtlos, oder höchstens durch ihre völlige Dunkelheit von dem übrigen Firmamente zu unterscheiden sein werde. Allein dem ist nicht so. Bereits eine Zeit lang vor dem Eintritte der Totalität, während also noch immer eine Sonnensichel vom Monde unbedeckt ist, weist die eigenthümliche Erscheinung, dass man

(im Fernrohre) den Mondrand noch eine weite Strecke über die Sonnenscheibe hinaus verfolgen kann, darauf hin, dass der Hintergrund in der Nähe der Sonne nicht ganz dunkel, sondern im Gegentheile merklich heller als der schwarze Mond sei. Noch klarer tritt diess während der totalen Verfinsterung hervor: durch die ganze Dauer derselben zeigt sich um den Mond rings herum ein hellstrahlender Lichtschimmer, die Corona, welche unmittelbar am Mondrande am hellsten ist, und von da allmählich durch alle Zwischenstufen in den dunklen Himmelsgrund übergeht. Ihre Farbe wird meist als weisslich, manchmal aber auch als gelblich geschildert, während ihre Ausdehnung, die übrigens bei den einzelnen Finsternissen ungleich gross zu sein scheint, von den einzelnen Beobachtern sehr verschieden angegeben wird, und zwar von der Breite weniger Minuten an, bis zu einer selbst den Monddurchmesser übersteigenden Dimension. Sie ist am besten mit einem lichtstarken Fernrohre von schwacher Vergrösserung und grossem Gesichtsfelde (z. B. mit einem sogenannten Kometensucher) zu beobachten, und dann zeigt sie nicht an allen Stellen des Mondrandes gleichförmige Helligkeit, sondern strahlenartig angeordnete hellere Partien, welche weit über die benachbarten Abgrenzungstheile der Corona hinausragen, und auffallenderweise oft keineswegs geradlinig fortlaufen, sondern im Gegentheile gegen das Ende zu sich hakenartig krümmen.

Die Nachrichten über das Auftreten der Corona während einer totalen Sonnenfinsterniss reichen bis zum Anfange des vorigen Jahrhunderts zurück, wo Plantade, Halley, Maraldi und andere ihrer Erwähnung thun. Diess darf uns nicht Wunder nehmen, da sie schon mit freiem Auge sichtbar ist, und sich namentlich so bis zu einer bedeutenden Entfernung vom Monde verfolgen lässt; ja es werden Finsternisse mit kurzer Totalitätsdauer erwähnt, bei denen eine Glorie von solcher Helligkeit erschien, dass man sogar den Eintritt einer wirklich totalen Bedeckung bezweifeln zu müssen glaubte. Da aber die Beobachtungen der Corona sehr zerstreut waren, geriethen sie von einer Finsterniss zur andern immer wieder in Vergessenheit, was um so leichter geschehen konnte, als die in einer und derselben Gegend sichtbaren totalen Verfinsterungen der Sonne im Allgemeinen durch Jahrhunderte lange Zwischenzeiten von einander getrennt sind, und man die Finsternisse überhaupt in früheren Zeiten bloss als Mittel zur Bestimmung von Längendifferenzen betrachtete, daher auch nur in dieser Absicht beobachtete. Da trat die Sonnenfinsterniss vom 8. Juli 1842 ein, bei der die Zone der totalen Verfinsterung für Europa sehr günstig lag, indem sie Spanien, das südliche Frankreich, Sardinien, den österreichischen Kaiserstaat und Südrussland durchschnitt. Mit ihr beginnt ein epochemachender Umschwung in Beziehung auf die Benützung der totalen Sonnenfinsternisse. Die Astronomen, welche sich zur Beobachtung derselben in der Zone der Totalität eingefunden hatten, wurden beim Beginne der totalen Verfinsterung nicht nur durch das Auftreten der Corona, sondern noch mehr durch das plötzliche Erscheinen rother Hervorragungen — Protuberanzen genannt — am Mondrande überrascht. Später fand man, dass auch diese Protuberanzen bereits seit Anfang des vorigen Jahrhunderts mehrmals erwähnt werden; allein diese Nachrichten waren ebenfalls ganz verschollen, und erst von jenem Momente an wurden bei allen folgenden grossen Finsternissen (1851,

1858 und 1860) bedeutende Anstrengungen gemacht zur Erforschung dieser seltsamen Lichterscheinungen, da sie wichtige, bei keiner andern Gelegenheit zu erhaltende Enthüllungen über die Natur des Sonnenkörpers zu liefern geeignet sind. Im Juli 1860 insbesondere wurde nach Spanien ein wahrer Kreuzzug unternommen, um dort mit allen Mitteln, von denen irgend ein Erfolg zu erwarten war, die Beobachtungen durchzuführen. Durch die vereinten Bemühungen vieler ausgezeichneter Männer bei dieser und andern Gelegenheiten ist es auch bereits gelungen, manche schwierige Frage auf diesem Gebiete zu lösen, wenn auch nicht geläugnet werden kann, dass hierin für die Zukunft noch sehr viel auszuführen übrig ist.

Ueber das Aussehen und die Farbe der Protuberanzen lauten nicht nur die Berichte bei verschiedenen, sondern auch die der einzelnen Beobachter bei einer und derselben Finsterniss sehr verschieden. Die meisten Protuberanzen erscheinen rosenroth bis in's Dunkelrothe spielend, aber auch violette, gelbliche, weisse, ja sogar mit schwarzen Rändern eingefasste wurden schon beschrieben. Merkwürdig dabei ist noch, dass sie sehr selten eine homogene Färbung zeigen, sondern meist eine faserige Struktur besitzen, wobei die Farbe der Fasern von jener des Grundes verschieden ist; dass sie öfter zu einzelnen Gruppen vereint vorkommen, und man dann deutlich bemerkt, wie einige sich auf den andern projiciren. Ferner sind von mehreren Beobachtern im Verlaufe der Finsterniss Aenderungen des Farbentones in diesen Gebilden wahrgenommen, und ausser den scheinbar auf dem Mondrande wurzelnden Protuberanzen noch frei schwebende Wolken von derselben Farbe und Struktur bemerkt worden. Darin stimmen jedoch alle Beobachter überein, dass sie diese Gebilde stets scharf begrenzt sahen, wesshalb manche sie mit hervorragenden Berggipfeln vergleichen und in der ganzen Erscheinung viele Aehnlichkeit mit dem Alpenglühen finden. Die Erhebung der Protuberanzen über den Mondrand beträgt selten mehr als 2 bis 2½ Minuten, kann jedoch selbst auf 4 Minuten steigen, so dass ihre wahre Elevation über die Sonnenphotosphäre — einstweilen angenommen, dass sie der Sonne angehören — häufig die sehr bedeutende Grösse von 12 — 15,000 geographische Meilen erreicht, in einzelnen Fällen aber auch zu der enormen Dimension von 24,000 Meilen anwachsen kann. Ihre Zahl ist bei den verschiedenen Finsternissen sehr ungleich: eine besonders glänzende Erscheinung boten sie bei der am 18. Juli 1860 dar: während derselben schien nach dem Ausdrucke Secchi's der ganze Sonnenkörper in Flammen zu stehen, deren Spitzen ringsum hoch über den Mond emporschlugen. Besser als jede fernere Schilderung werden die beiden Abbildungen auf Taf. VII., welche dem trefflichen Berichte de la Rue's über die so eben erwähnte Finsterniss entnommen sind, eine Vorstellung geben von der Mannigfaltigkeit des Phänomenes und der unbeschreiblichen Pracht des sich dabei bietenden Anblicks.

§. 28. (Natur der Protuberanzen und der Corona.) Was die Erklärung der oben beschriebenen Lichtphänomene betrifft, bildeten sich gleich bei der Finsterniss vom 8. Juli 1842 zwei Parteien: die eine, welche die Protuberanzen als Anhängsel des Sonnenkörpers und die Corona als dessen Atmosphäre ansah, die andere, welche diese Erscheinungen sämmtlich für optisch erklärte, entstanden durch Refraction, Beu-

gung etc. der am Mondrande, insbesondere an den Mondbergen vorbeistreifenden Lichtstrahlen. Allein keine der beiden Parteien konnte sich auf mehr als Wahrscheinlichkeitsgründe stützen; entscheidende Beweise für ihre Meinung konnte damals keine beibringen: es waren die Erscheinungen ganz unerwartet aufgetreten, wesshalb man auch zu deren genaueren Beobachtung gar keine Vorbereitungen hatte treffen können. Unter diesen Umständen erwartete man mit Ungeduld den 28. Juli 1851, an welchem Tage die nächste Sonnenfinsterniss mit einer für Europa günstig liegenden Totalitätszone eintrat. Wohl zeigten sich bei dieser Finsterniss auch die ersehnten Protuberanzen in genügender Zahl und die Corona in seltener Pracht: allein wenn auch durch die gemachten Wahrnehmungen mit grosser Wahrscheinlichkeit sich auf die Zusammengehörigkeit der Protuberanzen und der Corona mit der Sonne schliessen liess, wurde dennoch keine definitive Entscheidung herbeigeführt. Der Grund hiervon liegt in der grossen Schwierigkeit, welche die stets ungemein kurze Dauer der Totalität, die selbst in den günstigsten Fällen kaum 3—4 Minuten übersteigt, einer genauen Beobachtung dieser Erscheinung entgegenstellt. Denn bei der Fülle und Mannigfaltigkeit der auftretenden Phänomene ist es selbst dem aufmerksamsten Beobachter nicht möglich, in so kurzem Zeitraume alle Einzelheiten aufzufassen, wo er kaum eine sorgfältigere Untersuchung nach einer einzigen genau abgegrenzten Richtung hin vollenden kann. Es ist daher nicht nur eine sehr weitgehende Theilung der Arbeit erforderlich, was man bis jetzt noch nie genügend berücksichtigt hat, sondern es kann auch nur die Vergleichung vieler, von verschiedenen Beobachtern über ihre Wahrnehmungen abgefasster Berichte zu einiger Vollständigkeit in der Kenntniss dieser Erscheinungen führen. Erst die Finsterniss vom 18. Juli 1860 hat so viele Argumente zu Gunsten der Annahme, dass die Protuberanzen der Sonne angehören, geliefert, dass die Anzahl derjenigen, welche in ihnen noch immer optische Phänomene erblicken wollen, zu einer geringen Minorität zusammengeschmolzen ist.

Gehen wir nun nach dieser historischen Andeutung etwas näher auf die Erklärung der beschriebenen Lichtphänomene ein. Bereits bei der Finsterniss des Jahres 1842 sprach sich der Herausgeber für die Ansicht aus, dass die Protuberanzen reelle, nicht bloss optische Phänomene seien, und stützte sich dabei auf die scharfe Begrenzung dieser Gebilde und die von ihm und anderen gemachte Wahrnehmung, dass der Mond beim Vorüberziehen vor der Sonne die Protuberanzen auf der einen Seite allmählich verdeckt, auf der entgegengesetzten aber immer mehr blosslegt, während die Protuberanzen in einer auf die Bewegung senkrecht stehenden Richtung, so lange sie sichtbar bleiben, nahe dieselbe Höhe beibehalten. Dieser Umstand ist auch in der Folge jedesmal wieder bemerkt worden, und zeigt sich sehr schön in den beiden Zeichnungen auf Taf. *VII.*, welche die Erscheinung beim Beginne der Totalität und kurz vor ihrem Ende versinnlichen.

Man hat sich bei diesen Darstellungen die Bewegung des die Sonne verdeckenden Mondes von rechts unten nach links oben vor sich gehend zu denken, und sieht denn da auf den ersten Blick, dass beim Beginne der Totalität (Fig. 1) links oben bedeutende Protuberanzen standen und rechts unten der Mondrand beinahe frei davon war, wäh-

rend kurz vor Ende der Totalität (Fig. 2) die Protuberanzen links oben beinahe ganz verdeckt waren und sich dafür rechts unten bedeutende Phänomene entwickelt hatten. Senkrecht auf die Mondsbewegung, also rechts oben und links unten, zeigten hingegen die Erscheinungen durch die ganze Dauer der Totalität nahezu dieselben Gestalten und Dimensionen.

Die Beobachtungen, die der Herausgeber während der Finsterniss am 28. Juli 1851 zu Rixthoeft an der Ostsee machte, bestärkten ihn in seiner Ansicht. Ausser den oben besprochenen Wahrnehmungen schien ihm für die Zusammengehörigkeit der Protuberanzen mit der Sonne die Bemerkung entscheidend, dass dieselben unter günstigen Verhältnissen in allen ihren Umrissen bereits kurze Zeit vor dem Eintritte der Totalität sichtbar werden und auch nach dem Ende derselben noch sichtbar bleiben, bis sie erst durch den übermächtigen Glanz der wiedererscheinenden Sonnensichel überstrahlt werden, und dass die Protuberanzen sich theilweise aufeinander projiciren, ein Umstand, der auch im Jahre 1860 sich wiederholte.

Die gesammelten Erfahrungen lassen sich am besten erklären unter der Annahme, dass über der Photosphäre noch eine dünne, mit rothem Lichte leuchtende Schale lagere, welche, wenn sie an einzelnen Stellen emporgetrieben wird, die unter dem Namen Protuberanzen bekannten Lichtbüschel bildet. Nimmt man ferner an, dass die rothe Umhüllung zwar Licht jeder Farbe durchlasse, aber bloss rothes zu reflektiren im Stande sei, so entfallen nach der Meinung des Herausgebers auch alle jene Schwierigkeiten, welche die Erklärung der so verschiedenen Färbung der Protuberanzen verursacht. Denn unter obiger Voraussetzung wird es von der Lage der Begrenzungsflächen einer Protuberanz gegen den Beobachter abhängen, ob er von ihr grösstentheils durchgelassenes Licht oder von anderen Protuberanzen auf sie reflektirtes oder wenig von beiden erhält: im ersten Falle erscheint sie farblos, im zweiten roth, im letzten dunkel. Wie durch Combination dieser drei Hauptfälle Streifungen und allerlei Farbennuancen zum Vorschein kommen können, ist wohl unnöthig weiter auszuführen, da es sehr nahe liegt die Protuberanzen nicht von ganz ebenen, sondern vielfach gekrümmten und unter allen möglichen Winkeln aneinander stossenden Flächen begrenzt sein zu lassen.

Ueber die Ursache des Emportreibens der rothen Umhüllung ist uns vorläufig nichts Näheres bekannt: indess weist manches darauf hin, dass die Protuberanzen in einer gewissen Beziehung zu den Flecken, Fackeln und Lichtknötchen der Sonne stehen, und da wir nach dem Früheren die Sonnenflecken als Krater in der Photosphäre ansehen müssen, dürfte die Voraussetzung nicht zu gewagt erscheinen, dass Gasausströmungen aus diesen Kratern jene Emporhebungen bedingen.

Zur Annahme einer die Sonne rings umgebenden rothen Schicht drängte schon im Jahre 1842 den Herausgeber die vielfach erwähnte Beobachtung, dass unmittelbar nach dem Verschwinden, so wie unmittelbar vor dem Wiedererscheinen der Sonne gerade an jenen Stellen, wo dieses Verschwinden oder Wiedererscheinen eintritt, also beider Körper Ränder sich am nächsten stehen, sich ein rother sichelförmiger Saum eine kürzere oder längere Strecke hindurch zeigt. Dieser indirekte Beweis kann nun nach der Beobachtung von Gilliss zu Steilacoom

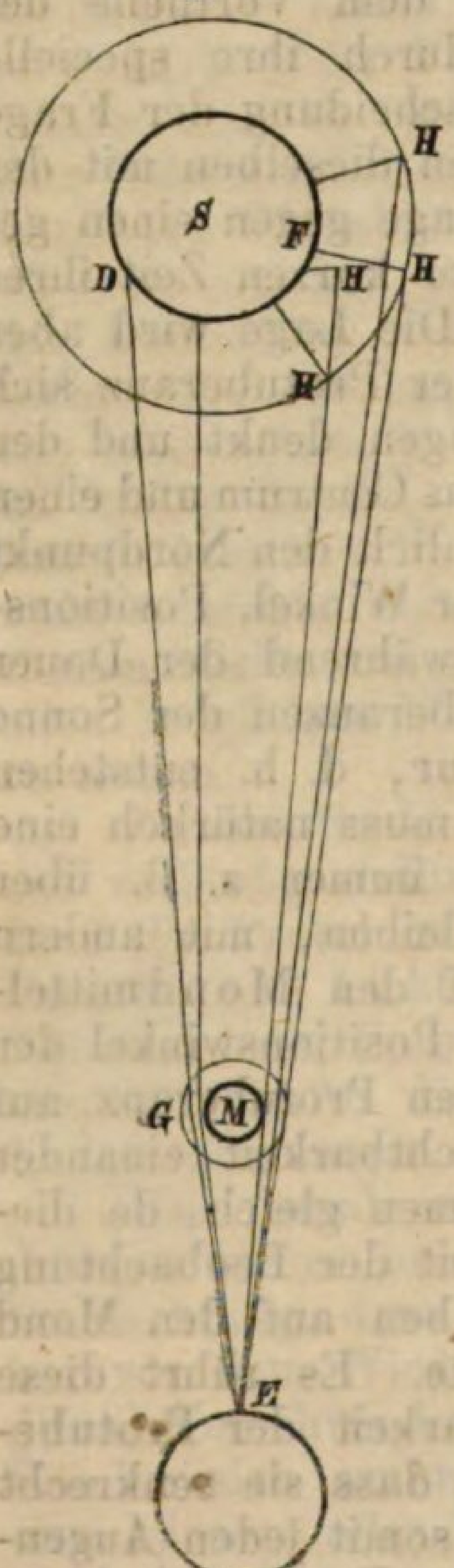
(U. S.) in der Nähe eines Endpunktes der Totalitätszone der Finsterniss des Jahres 1860 durch einen direkten ersetzt werden. Gilliss sah nämlich an jenem Orte, wo die totale Verfinsterung bedeutend kürzer dauerte als in Spanien, beim Beginne derselben den ganzen Mondrand roth eingesäumt.

So wie diese Beobachtung die Existenz der rothen, über die Photosphäre ausgebreiteten Hülle unwiderleglich nachwies, lieferte eine Beobachtung von Bruhns zu Tarazona in Spanien einen ebenso unumstösslichen Beweis für die Zusammengehörigkeit der Protuberanzen mit der Sonne. Es wurde schon früher erwähnt, dass man dieselben unter günstigen Umständen auch kurz vor und nach der Totalität sehen könne. Bruhns war nun so glücklich, zwei Minuten vor dem Eintritte der Totalität eine Protuberanz am unteren Theile des Mondrandes auftauchen zu sehen, und im Stande dieselbe noch bis 6 ⅓ Minuten nach dem Ende der Totalität zu verfolgen, da sie sich gerade in einer auf der Mondbewegung senkrechten Richtung befand, und Tarazona der Nordgrenze der Totalitätszone näher lag als der Südgrenze, daher der nördliche Mondrand nicht sehr weit über den Sonnenrand übergriff. Da nun in Tarazona die Sonne durch 3 ⅓ Minuten total verfinstert blieb, sah Bruhns diese Protuberanz im Ganzen durch nahe 12 Minuten, daher durch einen Zeitraum, den keine der anderen bisher angestellten Beobachtungen auch nur annähernd erreichte. Ausser dem Vortheile der langen Sichtbarkeit hat aber diese Protuberanz durch ihre specielle Lage noch eine besondere Wichtigkeit für die Entscheidung der Frage über die Natur dieser Gebilde erlangt. Denn stehen dieselben mit der Sonne in irgend einer Verbindung, so kann ihre Lage gegen einen gewissen Punkt der Sonnenoberfläche innerhalb der kurzen Zeit ihrer Sichtbarkeit keine erhebliche Aenderung erfahren. Die Lage wird aber am einfachsten dadurch bestimmt, dass man von der Protuberanz sich eine Linie zum Mittelpunkt der Sonnenscheibe gezogen denkt und den Winkel angibt, den diese Linie mit einer festen, durch das Centrum und einen anderen bekannten Punkt der Sonnenscheibe (gewöhnlich den Nordpunkt derselben) gelegten zweiten Linie einschliesst. Dieser Winkel, Positionswinkel genannt, muss nun dem Früheren gemäss während der Dauer der Finsterniss ungeändert bleiben, falls die Protuberanzen der Sonne angehören. Sind aber diese Gebilde optischer Natur, d. h. entstehen sie durch Beugung des Lichtes an Mondbergen, so muss natürlich eine gewisse Protuberanz beim Fortrücken des Mondes immer z. B. über dem Berge, dem sie ihre Entstehung verdankt, bleiben, mit andern Worten, es muss ihr Positionswinkel in Bezug auf den Mondmittelpunkt sich ungeändert erhalten. Es sind nun die Positionswinkel der oben angeführten, so lange Zeit hindurch gesehenen Protuberanz auf die Sonne bezogen am Anfange und Ende ihrer Sichtbarkeit einander innerhalb eines Grades, mithin so zu sagen vollkommen gleich, da dieser Unterschied sich sehr leicht aus der Unsicherheit der Beobachtung erklären lässt, während der Positionswinkel derselben auf den Mond bezogen sich inzwischen um volle 26 Grade änderte. Es rührt diese grosse Aenderung einerseits von der langen Sichtbarkeit der Protuberanz her, andererseits von dem günstigen Umstande, dass sie senkrecht auf der Richtung der Mondesbewegung sich befand, somit jeden Augenblick mit einem anderen Punkt des Mondrandes in Berührung kam.

Eine Bestätigung dieser Beobachtung kann man noch aus zwei photographischen Abbildungen, die de la Rue in Rivabellosa, die eine beim Beginne, die andere beim Ende der Totalität erhielt, ableiten. Dieselben liegen wohl nur drei Zeitminuten auseinander, indess auch diess genügt schon zu erkennen, dass der Positionswinkel der von Bruhns so lange gesehenen Protuberanz in Bezug auf die Sonne sich gar nicht, in Bezug auf den Mond aber bereits um einige Grade geändert hatte. Da wir gerade von der Anwendung der Photographie zur Fixirung der Erscheinungen bei Sonnenfinsternissen sprechen, sei erwähnt, dass man solche Versuche bereits früher angestellt hat, aber erst 1860 befriedigende Resultate erhielt, und dass man dabei die Bemerkung machte, die Protuberanzen seien sehr reich an chemischen Strahlen, so dass auf der Photographie Protuberanzen an Stellen sehr deutlich hervortraten, wo kein Beobachter irgend eine Spur dieser Erscheinungen wahrgenommen hatte.

Wenden wir uns jetzt zur Corona, so werden wir weniger berichten können, weil sie erst bei der Finsterniss im Jahre 1860 einer etwas eingehenderen Untersuchung gewürdigt wurde. Da wir das, was über die allgemeine Erscheinung derselben zu sagen ist, bereits oben angeführt, wollen wir uns hier darauf beschränken, zu erwähnen, dass bereits 1851 Edlund und 1860 Prazmowsky nachgewiesen haben, dass das Licht der Corona polarisirt ist, und zwar in der Richtung des betreffenden Sonnen- oder (was hier auf dasselbe hinauskommt) Mondhalbmessers.

Fig. 53.



Zur Erklärung der Natur und Ursache der Corona ist dieser Nachweis der Polarisation ihres Lichtes sehr wichtig, weil er darthut, dass sie kein selbstleuchtender, sondern ein uns erst durch Reflexion sichtbar werdender Körper ist. Einer Reflexion in der Mondatmosphäre kann sie aber ihre Entstehung nicht verdanken. Denn ausserdem, dass der Mond, wie schon erwähnt wurde, keine merkbare Atmosphäre besitzt, müsste vermöge der Stellung, die bei dieser Erscheinung Sonne, Mond und Erde gegen einander einnehmen, und vermöge der grossen gegenseitigen Entfernung der drei Himmelskörper, wenn die Reflexion erst in einer Mondatmosphäre stattfinden soll (Fig. 53, wo *S* die Sonne, *M* den Mond, *E* einen Beobachter auf der Erde vorstellt), der Winkel *DGE*, den der einfallende Strahl *DG* mit dem reflektirten *GE* einschliesst, ein sehr stumpfer sein. Dann könnten aber kaum Spuren einer Polarisation auftreten, da bei Reflexion des Lichtes an gasförmigen Körpern nur dann eine Polarisation bemerkbar wird, wenn der Winkel, den der einfallende und reflektirte Strahl mit einander bilden, nahe 90° beträgt. Anders gestaltet sich jedoch die Sache, wenn man der Bildung der Corona eine Sonnenatmosphäre, deren Existenz nach dem Obigen ohnehin kaum

zu bezweifeln ist, zu Grunde legt. Denn sind die Strahlen von einer Sonnenatmosphäre reflektirt, so kann der dem oben erwähnten analoge Reflexionswinkel *FHE* alle Werthe von 0 bis 180 durchlaufen, und beträgt, wie aus der Figur unmittelbar ersichtlich ist, für eine grosse Partie der Atmosphäre nahe 90°, so dass eine bedeutende Zahl polarisirter Lichtstrahlen den Beobachter treffen werden.

Allein, wenn wir auch der Hauptsache nach die Corona als eine Sonnenatmosphäre ansehen müssen, welche bei totalen Sonnenfinsternissen dadurch sichtbar wird, dass der Mond die helle Photosphäre verdeckt, so mögen dennoch andere Ursachen an der Hervorbringung einiger Erscheinungen, die man an ihr bemerkt hat, theilnehmen. Denn die erwähnten gekrümmten Strahlenbüschel in der Corona sind als Theile der Sonnenatmosphäre schwer zu deuten; ebenso dürfte das oft erwähnte Scintilliren derselben auf Rechnung unserer Atmosphäre zu setzen und nicht als eine Eigenthümlichkeit der Sonnenstrahlen zu betrachten sein.

§. 29. (Hüllen des Sonnenkörpers.) So wie uns die Erscheinungen, welche die Sonnenflecken darbieten, eine Reihe unter der Photosphäre liegender Hüllen des Sonnenkörpers kennen lehrten, so haben uns, wie wir so eben sahen, die Erscheinungen bei totalen Sonnenfinsternissen noch mit zwei weiteren, ausserhalb der Photosphäre gelagerten Einhüllungen bekannt gemacht. Der Bau unseres Centralkörpers ist somit ein sehr complicirter und von dem der Planeten vollständig abweichender: ein Resultat, das uns kaum befremden wird, wenn wir bedenken, dass die Sonne zu ganz anderen Funktionen berufen ist, als die sie umkreisenden Planeten, und dass ihre immense Licht- und Wärmeausstrahlung einen ganz eigenthümlichen Apparat nöthig machen mag. Das Vorhergehende zusammenfassend müssen wir uns den an sich dunklen Sonnenkörper von einer äusserst dünnen Schicht eines mattleuchtenden Fluidums umflossen denken, auf welcher eine durchsichtige, sehr elastische Hülle von ziemlicher Mächtigkeit, ausgestattet mit dem Vermögen, Licht sehr vollständig zu reflektiren, gelagert ist, über deren äusserster Fläche sich die Photosphäre ausbreitet, jene räthselhafte Licht und Wärme spendende Kugelschale. Diese Photosphäre umhüllt noch eine röthlich gefärbte transparente Decke, ehe sich erst die letzte Einhüllung der Sonne, ihre Atmosphäre, an sie anschliesst.

§. 30. (Dreifache Bewegung der Sonne.) Da die Sonne durch die Anziehung, welche ihre Masse auf die Planeten äussert, die Ursache der Bewegung dieser Planeten ist, wie wir später umständlicher sehen werden, so wird auch jeder dieser Planeten, dessen Masse ebenfalls eine anziehende Kraft auf alle übrigen Körper äussert, wieder auf die Sonne zurückwirken und derselben eine Bewegung im Raume ertheilen müssen. Wie nämlich der Planet, durch die Attraction der Sonne, eine Ellipse um dieselbe beschreibt, so wird auch der Mittelpunkt der Sonne, durch die Attraction des Planeten in Bewegung gesetzt, in einer Ellipse einhergehen. Allein der Umfang dieser Sonnenellipse wird sich zu jener des Planeten nahe verkehrt wie die Massen dieser beiden Gestirne verhalten, oder diese Sonnenellipse wird, wegen der unvergleichbar grösseren Masse der Sonne, gegen die Ellipse des Planeten u n g e m e i n k l e i n sein. Da das, was hier von e i n e m Planeten gesagt wird, von allen übrigen ebenfalls gilt, so wird die Bahn, welche der Mittelpunkt der Sonne be-

schreibt, eine sehr verwickelte krumme Linie sein. Glücklicher Weise können wir die nähere Kenntniss dieser krummen Linie entbehren, da die Astronomen noch nicht dahin gekommen sind, die absoluten Bewegungen der Planeten und Kometen in dem Himmelsraume, sondern nur ihre relativen, nämlich ihre Bewegungen in Beziehung auf die Sonne, zu beobachten.

Demungeachtet ist die Existenz dieser Bewegung der Sonne nicht weiter zu bezweifeln, nicht nur aus dem angeführten und hoffentlich guten und Jedermann einleuchtenden Grunde, sondern auch noch wegen der Rotation der Sonne selbst, deren Dasein, wie wir so eben gesehen haben, unmittelbar aus der beobachteten Bewegung der Sonnenflecken folgt. Denn diese Rotation der Sonne um ihre Axe, die wir nicht nur bei diesen, sondern auch noch bei so vielen andern Körpern unseres Planetensystems bemerken — woher soll diese kommen? Wir können uns die Ursache derselben nicht gut anders als in einem primitiven Stoss denken, welchen diese Körper, zu der Zeit ihrer Entstehung, entweder unmittelbar oder von der Einwirkung irgend eines äussern Körpers erhalten haben. In absoluter Ruhe können die Planeten, im ersten Augenblicke ihrer Entstehung, nicht gewesen sein, denn sonst würden sie, der Anziehung der Sonne folgend, in gerader Linie auf sie zugegangen sein und sich daher alle schon längst mit ihr vereiniget haben. Jene Bewegung der Planeten in einer Ellipse um die Sonne lässt sich daher nur dann durch diese Anziehung der Sonne erklären, wenn sie mit einem solchen primitiven Stoss in Verbindung gedacht wird. Die Richtung dieses Stosses konnte im Allgemeinen willkürlich sein, wenn sie nur nicht gerade zur Sonne hin oder von ihr weg ging, denn dann würden diese Planeten offenbar wieder, wie zuvor, in einer geraden Linie zur Sonne hin oder von ihr weggegangen sein. Diese Richtung musste also gegen die Linie, welche die Sonne und den Planeten im Anfange verband, irgend eine schiefe Lage haben. Sie musste überdiess noch eine solche Lage haben, dass sie nicht durch den Mittelpunkt des Planeten selbst ging, weil sonst der Planet offenbar nur eine progressive Bewegung um die Sonne, aber keineswegs auch eine rotirende um seine eigene Axe hätte erhalten können, die er doch, den Beobachtungen zu Folge, in der That erhalten hat. Wir werden erst weiter unten Gelegenheit finden, diesen interessanten Gegenstand näher zu betrachten. Hier genügt es uns zu sehen, dass die Sonne, weil sie sich um ihre Axe dreht, ursprünglich ebenfalls einen solchen Stoss erfahren, folglich zugleich eine fortschreitende Bewegung im Weltraume haben, und dass sie daher das gesammte Planeten- und Kometensystem auf diesem ihrem Wege mit sich ziehen müsse.

Kapitel II.

Hypothetische intramerkurielle Planeten.

§. 31. (Apriorische Vermuthungen.) In der neuesten Zeit hat sich die Möglichkeit einer so ganz eigenthümlichen Erweiterung der Kenntniss unseres Sonnensystemes ergeben, dass wir zur Darlegung des sich daran knüpfenden Herganges hier etwas weiter ausholen zu dürfen glauben. Manches dabei unvermeidliche Vorgreifen in später (*III.* und *IV.* Abth.) Vorzutragendes mag der Leser freundlich entschuldigen.

Le Verrier, der berühmte theoretische Entdecker Neptuns, beschäftigte sich schon seit längerer Zeit mit der genauen Bestimmung der Bahn des Planeten Merkur. Die auffallenden Ergebnisse dieser Arbeit theilte Le Verrier in einem Briefe an seinen Landsmann und Fachgenossen Faye Mitte Septembers 1859 im Wesentlichen wie folgt mit:

»In meinen Studien über die Bewegungen der Planeten begegneten mir, wie Sie wissen, viele Schwierigkeiten. Die bei Uranus erübrigenden Störungen wurden durch die Auffindung Neptuns erklärt. Dabei hatte die Unvollkommenheit der Kenntniss der Sonnenbewegung mich mannigfaltig beirrt, und ich sah mich so gezwungen, vor Allem das Verfahren und die Grundsätze zu prüfen, nach welchen man bisher die Position der Fundamental-Sterne abgeleitet hatte. Hierauf revidirte ich die ganze Theorie der Ungleichheiten unserer Erde, wobei ich nicht weniger als 9000 Beobachtungen verschiedener Quellen mit berechneten Orten verglich.«

»Nachdem so die Theorie der Sonne ausser Zweifel gestellt war, konnte ich mit Vertrauen mich wieder zu dem Studium der Bewegungen Merkurs wenden. Für diese Untersuchung besitzen wir aus den letzten anderthalb Jahrhunderten 21 Beobachtungen von Vorübergängen des Planeten vor der Sonnenscheibe, welche auf eine Sekunde Bogen genaue Vergleichungen der gegenseitigen Distanzen von Sonne und Merkur für gewisse Momente zulassen, und daher die Präcision weit übersteigen, welche damalige Meridian-Beobachtungen zu liefern im Stande waren. Bei meinen früheren Benützungen aller Beobachtungen Merkurs hatte ich schon im Jahre 1842 bedeutende Discordanzen gefunden, in deren nähere Prüfung ich aber nicht eingehen wollte, bevor die Theorie der Sonne mehr in's Reine gebracht wäre. Nun diess geschehen und die Positionen der Sonne aus meinen neuesten Tafeln in die Rechnung eingeführt sind, bleiben systematische Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Orten Merkurs über, die nur allenfalls durch gewaltsame Annahmen, wie z. B. dass Männer wie Lalande, Cassini, Bouguer u. a. um ganze Minuten bei Beobachtung der Berührungen der Ränder von Sonne und Mond sich geirrt hätten, wegzubringen wären, abgesehen von dem in solcher Weise ganz unerklärlichen regelmässigen Steigen und Fallen, welches jene Unterschiede zeigen. Was aber noch merkwürdiger, ich fand, dass man durch einfache Vermehrung der secu-

lären Bewegung des Periheles Merkurs allen 21 Durchgängen mit einem Male grösstentheils bis auf halbe Sekunden Genüge leistet, und nur in einigen Fällen grössere Abweichungen, übrigens auch nur von wenigen Sekunden erübrigen. Da diese empirische Correction so wirkungsvoll ist, so geht daraus zugleich die Nothwendigkeit einer Modification der Merkurs-Theorie hervor, und es bleibt zu untersuchen, ob eine Aenderung der bisherigen Annahmen über die Massen der anderen Planeten, welche bei den Störungen Merkurs in Betracht kommen, die gewünschte Vergrösserung der Secular-Bewegung der Sonnennähe hervorzubringen vermag, oder ob man die Ursache irgendwo sonst suchen muss.«

Le Verrier erörtert dann, dass wenn man den Grund der Abweichung bei Venus voraussetzen wollte, man ihre Masse um $^1/_{10}$ der bisherigen Annahme verbessern müsste, eine Aenderung, die vermöge des dadurch in der Erdtheorie erzeugten Fehlers unzulässig wäre. Le Verrier empfiehlt diese Schwierigkeit der Aufmerksamkeit der Astronomen, und neigt sich der Ansicht zu, dass man einen bisher nicht gesehenen Planeten zwischen Merkur und Sonne annehmen dürfe, der jene Abweichungen hervorruft. Da keine ähnliche Discordanz in der Bewegung der Knoten Merkurs wahrzunehmen ist, so müsste die Bahn dieses vermutheten neuen Planeten nur wenig gegen die Merkursbahn geneigt sein. Es bestehen gewisse Bedingungen, welche die supponirte Masse dieses neuen Himmelskörpers mit seiner Distanz von der Sonne verbinden, ähnlich denen, die man in den Nachforschungen für Neptun (Abth. *III.* Kap. *VIII.*) zu machen genöthigt war; denn um die gewünschte Ungleichheit hervorzubringen, muss man die Masse des hypothetischen Planeten um so mehr vergrössern, je kleiner man die Distanz desselben von der Sonne annimmt und umgekehrt. Für eine Distanz, die etwas unter der Hälfte der Distanz Merkurs von der Sonne wäre, müsste die Masse der Merkurs gleich sein, was kaum zulässig wäre. Dem Einwurfe der Unwahrscheinlichkeit der Existenz eines solchen Planeten, der wegen seiner Nähe bei der Sonne nothwendig bedeutenden Glanz besitzen müsste und bisher nicht gesehen wäre, begegnet Le Verrier dadurch, dass er an die Stelle eines Planeten eine Menge kleiner Körperchen, Asteroiden, setzt, die innerhalb der Merkursbahn um die Sonne laufen, deren vereinte Wirkung jener des einen Planeten gliche, die aber ihrer Kleinheit wegen sich bisher unsern Augen entzogen hätten.

Le Verrier fragt: »sollte nicht manches von den grösseren dieser Körperchen bei ihren zufälligen Vorübergängen vor der Sonnenscheibe entdeckt werden? Vielleicht finden sich die Astronomen, welche sich mit Ueberwachung der Sonnenscheibe befassen, durch diese Betrachtungen bewogen, den Bewegungen der kleinsten Sonnenflecke mit aller Aufmerksamkeit nachzuspüren.«

Man sieht aus dem Obigen, dass Le Verrier daran geht, die Grenzpfähle unseres Planetensystemes in ähnlicher Weise nach innen zu verrücken, wie ihm diess mit Neptun schon nach aussen geglückt. Aus dem Folgenden werden wir entnehmen, dass allerdings Aussicht vorhanden, seine Bemühungen auch hier vom Erfolge gekrönt zu sehen.

§. 32. (Bestätigungen aus der Erfahrung.) Bald nachdem Le Verrier in den Sitzungsberichten der Pariser Akademie seine Ansichten über diesen Gegenstand bekannt gemacht hatte, verbreitete sich in Paris das Gerücht, dass bereits mehrere Personen einen neuen Unteren Planeten ge-

sehen hätten, und es wurden, wie in solchen Fällen gewöhnlich, verschiedene Beobachter genannt. Gegen Ende des Jahres 1859 wurden Le Verrier aber so bestimmte Mittheilungen gemacht, dass er es für seine Pflicht hielt, der Sache auf den Grund zu gehen. Zugleich ergriff er die nöthigen Massregeln, um jede etwaige Täuschung zu verhindern. Mit Name und Adresse des vermeintlichen Entdeckers versehen, reiste er am letzten Sonnabende des Jahres auf der kürzesten Bahn nach Orgères (Departement Eure et Loire) ab, begleitet von einem Freunde, um einen Zeugen seines Verfahrens zu haben, und trat unversehens in das Haus des Herrn Lescarbault, der in dem eben genannten Städtchen den Landarzt macht. Herr Lescarbault wurde einem strengen Kreuzexamen von seinem unbekannten Gaste unterworfen, der ihn Schritt für Schritt prüfte, bis er hinreichende materielle und mündliche Evidenz erlangt hatte, um nicht länger an der Realität der Beobachtung wie an der Glaubwürdigkeit des Beobachters zweifeln zu können.

In der ersten Sitzung der Pariser Akademie nach seiner Rückkehr von Orgères kündigte Le Verrier an, dass am Nachmittag des 26. März 1860 ein kleiner dunkler Körper auf seinem Durchgange vor der Sonnenscheibe von Herrn Lescarbault beobachtet worden sei, und dass Alles dafür spreche, diesen Körper für einen neuen Unteren Planeten halten zu müssen. Zugleich erwähnte Le Verrier, dass die Beobachtungen Lescarbault's hinreichten, um den neuen Himmelskörper etwa 0.1427 (in Theilen der mittleren Entfernung der Sonne von der Erde) als Distanz von der Sonne, eine Umlaufszeit von weniger als 20 Tagen, eine Länge des aufsteigenden Knotens von 13°, und eine Neigung der Bahn gegen die Ekliptik von 12—13° anzuweisen.

Herr Lescarbault übergab später einen schriftlichen Bericht seiner Beobachtung Herrn Le Verrier zur Veröffentlichung, in welchem er sagt, dass, nachdem er Zeuge des Merkursdurchganges im Jahre 1845 gewesen sei, er von vornherein in jenem dunklen Körper einen Unteren Planeten vermuthet, und in seiner Zurückgezogenheit die Entdeckung für sich behalten habe, in der Hoffnung, irgend etwas über die Entfernung des Körpers von der Sonne herauszubringen, oder wieder einen Durchgang zu beobachten. Aber er sei eben nur ein mittelmässiger Geometer und durch seinen Beruf sehr in Anspruch genommen; so habe er endlich beschlossen das Stillschweigen zu brechen, als er eine Nachricht von Le Verrier's theoretischen Untersuchungen gelesen.

Herr Lescarbault sah den Körper erst, als derselbe bereits ziemlich weit in die Sonnenscheibe eingetreten war und schätzte die Zeit des eigentlichen Eintrittes, indem er die Zeit beobachtete, die der angebliche Planet brauchte, um dasselbe Intervall vor der Sonne zurückzulegen. Er mass dann wiederholt den Abstand des Körpers vom Sonnenrande etc. und verfolgte den Durchgang. Nach seinen Wahrnehmungen fand die erste Berührung bei 19° 4′, die letzte bei 52° 42′ vom nördlichsten Punkte der Sonne gegen West statt; die betreffenden Zeiten waren $4^h\ 0^m$ und $5^h\ 47.^m2$ Ortszeit von Orgères. Der geschätzte Diameter war beiläufig ¼ von dem Merkurs bei seinem letzten Vorübergange; da dieser Durchmesser 11″. 6 betrug, so würde für den neuen Körper ein scheinbarer Diameter von etwa 3″ folgen, wenn man einer so kleinen Grösse Glauben schenken will.

Es hat an Zweifeln über Lescarbault's vermeintlicher Entdeckung gleich anfangs nicht gefehlt. Namentlich wollte Liais, ein französischer gegenwärtig in Brasilien sich aufhaltender Astronom, Alles in Frage gestellt sehen, hauptsächlich aus dem Grunde, weil er genau zur selben Zeit wie Lescarbault die Sonne durchmustert und nichts Ausserordentliches bemerkt hatte. Solche Negationen haben aber bekanntlich immer und besonders hier ihr Missliches. Gewichtiger vielleicht ist ein anderer Einwurf desselben Astronomen, dass nämlich der hypothetische Planet bei seiner Nähe an der Sonne und immer noch bedeutenden Grösse längst, wenigstens bei totalen Sonnenfinsternissen, durch seinen bedeutenden Glanz sich hätte bemerklich machen müssen. Immerhin aber verdient es Beachtung, dass Lescarbault's Beobachtung nichts weniger als ganz vereinzelt steht, dass im Gegentheile ähnliche Wahrnehmungen schon öfter stattgefunden haben. Prof. Wolf in Zürch macht in seinen »Mittheilungen über Sonnenflecken« mehrere Fälle namhaft, von denen wir hier einige anführen wollen.

Am 6. Juni 1761 glaubte Scheuter in Crefeld einen runden, wohl begrenzten Fleck, den er, seiner Grösse nach, auf ein Viertel der Venusscheibe schätzte, die Sonne durchziehen gesehen zu haben.

Gegen Ende Februar 1762 sah Staudacher, der unermüdliche Durchforscher der Sonne in Nürnberg, einen schwarzen runden Fleck, der am nächsten Tage verschwunden war.

Am 19. November 1762 sah Lichtenberg bald nach Sonnenaufgang einen grossen runden schwarzen Fleck, der sich offenbar auf der Sonne gegen West bewegte, und auf derselben eine Sehne von 70° durchlief.

Anfangs Mai 1764 bemerkte Hoffmann einen grossen runden schwarzen Fleck, der eigene Bewegung zu haben schien.

Den 18. Januar 1798 sah d'Angos, allerdings eine gefährliche Autorität, die durch einen erdichteten Kometen eine traurige Berühmtheit erlangte, einen runden, scharf begrenzten Fleck die Sonne in zwei Stunden durchwandern.

Den 10. October 1802 bemerkte Fritsch einen kleinen runden Fleck vor der Sonne vorbeigehen. Diese Beobachtung könnte sich auf den von Lescarbault gesehenen Körper beziehen.

Am 9. October 1819 sah Domcapitular Stark in Augsburg einen scharf umrissenen, kreisförmigen Fleck, beiläufig von der Grösse Merkurs, den er Abends nicht mehr fand. Auch diese Erscheinung liesse sich allenfalls mit der Lescarbault'schen Beobachtung combiniren.

Am 12. Februar 1820 bemerkte Stark um Mittag einen sonderbaren, wohl begrenzten runden Fleck mit Spuren einer Atmosphäre, der Abends nicht mehr sichtbar war. Diese Wahrnehmung scheint durch die Beobachtung eines Wiener Liebhabers der Sternkunde, Steinheibel, bestätigt zu sein, der den Fleck an dem erwähnten Tage in fünf Stunden vor der Sonnenscheibe vorbeiziehen sah.

Weiter könnte man noch z. B. einer ähnlichen Wahrnehmung von Capel Lofft am 6. Januar 1818, so wie von Scott in der ersten Hälfte Juli 1847 erwähnen. Lässt man diese Beobachtungen alle oder auch nur die meisten derselben gelten, so käme man zu dem Schlusse, dass wir es hier wirklich, wie Le Verrier vermuthete, nicht mit einem,

sondern mit mehreren bisher nicht näher bekannten Unteren Planeten zu thun haben.

Eine nicht unwichtige Bemerkung, die man Carrington verdankt, ist, dass, da Lescarbault's vermeintlicher Planet am 26. März 1859 beiläufig 7½ Tage, bevor die Erde durch die angenommene Knotenlinie ging, bemerkt wurde, und ein gleicher Zeitraum nach diesem Durchgange zu gelten hat, die Bahn dieses Himmelskörpers sich bei jeder dieser beiden Conjunctionen für fünfzehn Tage auf die Sonnenscheibe projicirt, und dass also, wenn die ursprüngliche Beobachtung nicht sehr fehlerhaft, der Planet etwa zwischen dem 25. März und 10. April, so wie zwischen dem 27. September und 14. October wieder gesehen werden könnte. Die ersten Termine sind vorübergegangen, ohne diese Hoffnung in Erfüllung gehen zu lassen. Am 20. März 1862 sah zwar Lummis, ein Liebhaber der Astronomie, zu Manchester, während er die Sonnenscheibe nach den damals eben sehr spärlichen Sonnenflecken durchsuchte, um 8^h 28^m einen sehr kleinen schwarzen Fleck, kreisrund und scharf begrenzt von kaum 7 Sekunden Durchmesser. Derselbe stand unter einem grösseren Fleck; von beiden nahm Lummis eine Skizze. Es schien ihm gleich, als hätte der kleine Fleck eine starke eigene Bewegung; in 22 Minuten legte derselbe einen Weg zurück, den Lummis auf 12 Bogenminuten schätzte, während Hind nach der Zeichnung dafür nur 6′ findet. Lummis zeigte den merkwürdigen Fleck einem seiner Freunde, der die Beobachtung bestätigte; unglücklicherweise wurde Lummis, der seines Zeichens ein Eisenbahnbeamter ist, abgerufen und konnte den Austritt des Fleckens nicht abwarten. Lescarbault's Beobachtung ist vom 29. März 1859; die Daten würden also stimmen, aber die Bewegung des von Lummis gesehenen Körpers ist mehr als zweimal stärker als die des vermeintlichen Lescarbault'schen Planeten. Eine aus Lummi's Beobachtungen von Oeltzen abgeleitete Kreisbahn gibt nur anderthalb Tage Umlaufszeit, so dass der Himmelskörper sich schon unzählige Male vor der Sonne hätte zeigen müssen. Offenbar sind Lummis Angaben zu flüchtig gesammelt, als dass man darauf irgend sichere Schlüsse bauen könnte. — Advokat Ohrt in Wandsbeck hat eine ähnliche vage Bestätigung dieser Vermuthungen durch die Beobachtung eines ziemlich runden Sonnenfleckes am 12. September 1857 geliefert, der am 14. September in auffallender Weise verschwunden war.

Radau in Paris hat es unternommen, aus älteren Beobachtungen ähnlicher Erscheinungen, verbunden mit den neuerlichen Wahrnehmungen Lescarbault's, die Bahn jenes, von mehreren Seiten auch schon mit einem Namen (Vulkan) bedachten Planeten so gut zu bestimmen als es eben mit so schwankenden Grundlagen angeht. Die Zeiten weiterer Vorübergänge des supponirten Himmelskörpers vor der Sonnenscheibe, welche sich aus diesen Untersuchungen ergaben, wurden zum Theile von Radau selbst, dann von Herrn Ellery am Victoria-Observatorium zu Williamstown (Massachusets), von Major Tennant, Director der Sternwarte zu Madras, von Herrn W. Scott, Vorsteher der königl. Sternwarte zu Sidney, von Herrn Neumayer in Melbourne u. a. auf das sorgfältigste überwacht; man widmete der Sonne im Allgemeinen, unter anderen auch an der Wiener Sternwarte viel mehr Aufmerksamkeit als diess je früher geschehen; die totale Sonnenfinsterniss vom

18. Juli 1860 wurde in dieser Beziehung auf das beste benützt, aber alles blieb bisher ohne Erfolg, Vulkan ward nicht wieder gesehen und wir stehen in dieser Sache immer noch auf dem Gebiete ziemlich vager Vermuthungen.

Veranlasst durch diese Vorkommnisse machte Herr Henrick in New-Haven (Connecticut) bekannt, dass er seit zehn Jahren mit einer Arbeit über die Existenz dieser intramerkuriellen Planeten beschäftigt sei und die Beobachtungen sammle, welche dieselbe bewiesen. Im Jahre 1847 hatte er sogar mit seinem Freunde Bradley die Jagd nach dem neuen Himmelskörper förmlich begonnen und zu diesem Behufe die Sonnenscheibe und ihre nächste Umgebung regelmässig durchmustert, aber auch diese Versuche waren erfolglos.

Der amerikanische Astronom D. Kirkwood in Postville hat schon vor mehreren Jahren sich mit der Aufstellung ähnlicher Regelmässigkeiten, wie die nach Titius genannte Analogie (s. unten §. 84) über die Entfernungen der Planeten von der Sonne, beschäftigt, und da fiel ihm auf, dass sowohl nach den Durchmessern als nach den Dichten sich von Venus an eine paarweise Anordnung zeigt, wenn man für den Raum, in dem sich die Asteroiden bewegen, statt dieser letzteren einen Planeten etwa von der Grösse des Mars setzt, so dass also Venus und Erde, Mars und der Vertreter der Asteroiden, Jupiter und Saturn, Uranus und Neptun diese Paare bilden, während Merkur mit seinen Durchmesser und Dichte bezeichnenden Zahlen allein steht; demnach wäre, auch nach dieser Art die Sache anzusehen, ein Genosse Merkurs zu erwarten, der nämlich in jenen beiden Eigenschaften mit ihm beiläufig übereinstimmte.

Der bisher letzte Versuch, dem räthselhaften Gestirne auf die Spur zu kommen, wurde von Kriegsrath Haase in Hannover veranlasst, der Beobachtungen eines angeblichen Venusmondes vom Jahre 1761, die uns von Montaigne u. a. zukamen, auf einen intramerkuriellen Planeten bezog, und daraus Bahnelemente ableitete, welche die oben erwähnten Wahrnehmungen von d'Angos und Capel Lofft allerdings nahe darstellten. Aber auch die hierdurch angeregten Nachforschungen gegen Ende 1862 blieben ohne Erfolg, wie denn der längst in das Reich der Fabeln verwiesene Venusmond und eine Bahn, die sehr begreiflich mit der von Venus beinahe zusammenfiel, wenig geeignet waren, Vertrauen zu erwecken.

Die ganze Angelegenheit des oder der intramerkuriellen Planeten ist, wie man sieht, noch in der Schwebe. Was wir bisher davon wissen, sind eben nur Rudimente eines Fortschrittes unserer Kenntniss des Sonnensystemes, die sich im besten Falle erst nach Jahren zu einem gerundeten Ganzen gestalten werden.

Kapitel III.

M e r k u r.

§. 33. (Entfernung, Umlaufszeit, Masse u. f.) Unter allen constatirten Planeten ist Merkur der nächste an der Sonne, woher er vielleicht seinen Namen hat, da der Gott Merkur mythologisch vielfach mit Apollo in Zusammenhang steht. Sein Zeichen stellt den Caduceus vor, und ist in der Mineralogie das des Quecksilbers. Unsere Fernröhre zeigen uns von ihm wenig mehr, als dass er rund ist, und, wenn diese Fernröhre sehr gut sind, dass er Phasen, d. h. eben solche Lichtabwechslungen wie unser Mond hat. Er ist nämlich zu klein, meistens zu weit von uns entfernt, und hält sich endlich immer zu nahe in dem starken Lichte der Sonne auf, als dass wir hoffen könnten, ihn bald genauer kennen zu lernen. Das Meiste von dem, was wir von seiner physischen Beschaffenheit wissen, verdanken wir dem bekannten Schröter in Lilienthal, der ihn mit seinen starken Spiegelteleskopen auf das eifrigste verfolgte.

Die mittlere Entfernung dieses Planeten von der Sonne, oder die halbe grosse Axe seiner Bahn beträgt 0.387 Halbmesser der Erdbahn, oder 8004000 d. Meilen. Da aber diese seine Bahn sehr elliptisch ist, so ist seine wahre Entfernung von der Sonne sehr veränderlich. Im Perihelium steht er nur 6360000, im Aphelium aber 9650000 Meilen von der Sonne ab; mit andern Worten: seine kleinste Entfernung von der Sonne beträgt 66.0, seine mittlere 83.0, und seine grösste 100.1 Sonnenhalbmesser, welcher letzte 96500 Meilen hat. Noch beträchtlicher unter einander verschieden sind seine Entfernungen von der Erde, da die kleinste derselben 11 und die grösste über 30 Millionen Meilen beträgt.

Sein Halbmesser beträgt nur 330 Meilen, also nur den dritten Theil des Erdhalbmessers, wie er denn überhaupt unter den sieben älteren Planeten bei weitem der kleinste ist. Seine Oberfläche ist daher nur 1410000 Quadratmeilen gross, oder etwa der siebente Theil von der Oberfläche der Erde, und sein körperlicher Inhalt, oder sein Volum, das 157 Millionen Kubikmeilen beträgt, ist nur der $^{6}/_{100}$ste Theil des Volums der Erde, oder aus der Erde würden sich 17 solche Kugeln, wie Merkur, bilden lassen. Eine bedeutende Abplattung hat man bisher nicht bemerkt.

Da er der Sonne, dieser eigentlichen Quelle der Bewegungen aller Planeten, so nahe steht, so ist seine Bewegung um diesen Centralkörper von allen die schnellste. In der That legt er in seiner mittleren Geschwindigkeit in jeder Sekunde 6.62 Meilen, oder in einem Tage schon 572000 Meilen zurück. Seinen ganzen Umlauf vollendet er, in Beziehung auf die Fixsterne, in 87.969, und in Beziehung auf die Nachtgleichen in 87.968 Tagen, und zwar in einer Bahn, die nahe sieben Grade, also stärker als alle andern älteren Planetenbahnen, gegen die Ekliptik geneigt ist. Seine synodische Umlaufszeit endlich (*I.* §. 95) beträgt 115.87 Tage.

Wir werden weiter unten die Mittel kennen lernen, die **Massen** der Planeten, d. h. die Menge der materiellen Elemente, aus denen sie bestehen, oder, wenn man lieber will, die gegenseitigen Gewichte derselben, so wie auch die **Dichtigkeit** dieses materiellen Stoffes zu bestimmen. Wir werden uns indess der Vollständigkeit wegen erlauben, bei jedem Planeten diese beiden Eigenschaften schon jetzt mit aufzuführen. Die Masse Merkurs also ist nur $^1/_{12}$ von der Masse der Erde, d. h., wenn man die Erde in eine Wagschale legen könnte, so müsste man in die andere zwölf solche Kugeln, wie Merkur, legen, um die Wage im Gleichgewichte zu erhalten. Da aber die Dichtigkeit eines jeden Körpers seine Masse, dividirt durch sein Volum, ist, so würde, wenn das Volum Merkurs auch nur der zwölfte Theil des Volums der Erde wäre, die Dichtigkeit Merkurs gleich der der Erde sein. Allein das Volum dieses Planeten beträgt, wie bereits gesagt, nur den 17ten Theil des Volums der Erde, also ist auch die Dichtigkeit gleich $^{17}/_{12}$ oder nahe 1.4mal so gross, als die Dichtigkeit der Erde. Die **mittlere** Dichtigkeit der Erde ist aber bekanntlich nahe 5.7mal grösser, als die des reinen Wassers, also ist auch die Dichtigkeit des Merkurs nahe 8mal grösser, als die des Wassers, oder die Masse Merkurs besteht aus einer Materie, die nahe eben so dicht, als unser gediegenes Eisen ist.

Auf unserer Erde fallen die Körper, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, in der ersten Sekunde, nach den zahlreichen Beobachtungen, die wir auf der Oberfläche der Erde angestellt haben, durch 15.1 Par. Fuss. Da wir nicht auf die Oberfläche Merkurs oder eines der andern Planeten kommen, also auch keine Beobachtungen daselbst anstellen können, so sollte man glauben, dass es den Menschen immer versagt sein wird, zu erfahren, wie sich die fallenden Körper auf jenen Planeten verhalten. Wir werden aber, wie schon gesagt, weiter unten Gelegenheit haben, zu zeigen, dass diese Bestimmungen in der That sehr leicht sind, wenn man einmal die Masse und den Halbmesser dieser Planeten kennt. Eine ganz einfache Rechnung lehrt uns, dass dieser freie Fall der Körper auf der Oberfläche Merkurs in der ersten Sekunde 8.3 Fuss, also etwa 7 Fuss weniger als auf der Erde beträgt.

§. 34. (Scheinbarer Durchmesser Merkurs.) Ein an sich so kleiner und von uns so weit entfernter Körper kann uns nur unter einem ebenfalls sehr kleinen Winkel erscheinen. In der That beträgt sein scheinbarer Durchmesser, selbst wenn er am grössten, oder wenn der Planet uns am nächsten ist, nur 13 Sekunden, und in seiner grössten Entfernung nur nahe 5 Sekunden. Die Beobachter auf der Sonne aber, wenn diese in der That existiren, und wenn sie vor dem blendenden Lichte der Sonne die Planeten noch sehen können, würden ihn in seiner mittleren Entfernung unter dem Winkel von etwa 17 Sekunden, also nahe eben so gross sehen, als ihnen die an sich so viel grössere, aber auch weiter entfernte Erde erscheint. Dagegen sehen die Beobachter auf der Oberfläche Merkurs die ihnen so nahe Sonne unter einem scheinbaren Durchmesser von 4980 Sekunden, oder nahe 2 ½mal so gross, als wir von der Erde den Sonnendurchmesser sehen, und daher auch die Oberfläche der ganzen Sonnenscheibe nahe siebenmal grösser als wir.

§. 35. (Temperatur und Beleuchtung auf Merkur.) Diese Nähe der Sonne muss auch auf die Temperatur Merkurs einen bedeutenden Einfluss haben. Die Beleuchtung, welche dieser Planet von der Sonne erhält, oder die Helligkeit seiner Tage, ist nahe siebenmal grösser, als bei uns, und in demselben Verhältnisse wird auch vielleicht die Temperatur oder die Intensität der Wärme stehen, welche die Oberfläche Merkurs von der Sonne erhält. Eine solche Helligkeit des Tageslichtes würde unsere Augen blenden, und eine siebenmal höhere Temperatur auf der Erde als die jetzige würde dem Leben aller unserer Thiere und Pflanzen sehr schnell ein Ende machen. Welche von uns völlig verschiedenen, welche ganz anders organisirten Wesen mögen daher diesen Planeten bewohnen, und wie viel mehr noch mögen sie von den Bewohnern des Neptun, des entferntesten aller Planeten, verschieden sein, auf dessen Oberfläche die Intensität der Beleuchtung sowohl, als die der Erwärmung nicht weniger denn 1000mal kleiner, als auf der Erde, also über 7000mal kleiner, als auf der Oberfläche Merkurs ist. Wenn daher unser Wasser auf der Oberfläche Merkurs wegen der grossen dort herrschenden Hitze dem Kochen immer nahe sein müsste, so würden auf jener des Neptun alle unsere Flüssigkeiten zu einem festen Körper erstarren. Beide Extreme würden für Organisationen unserer Art gleich unerträglich und zerstörend sein.

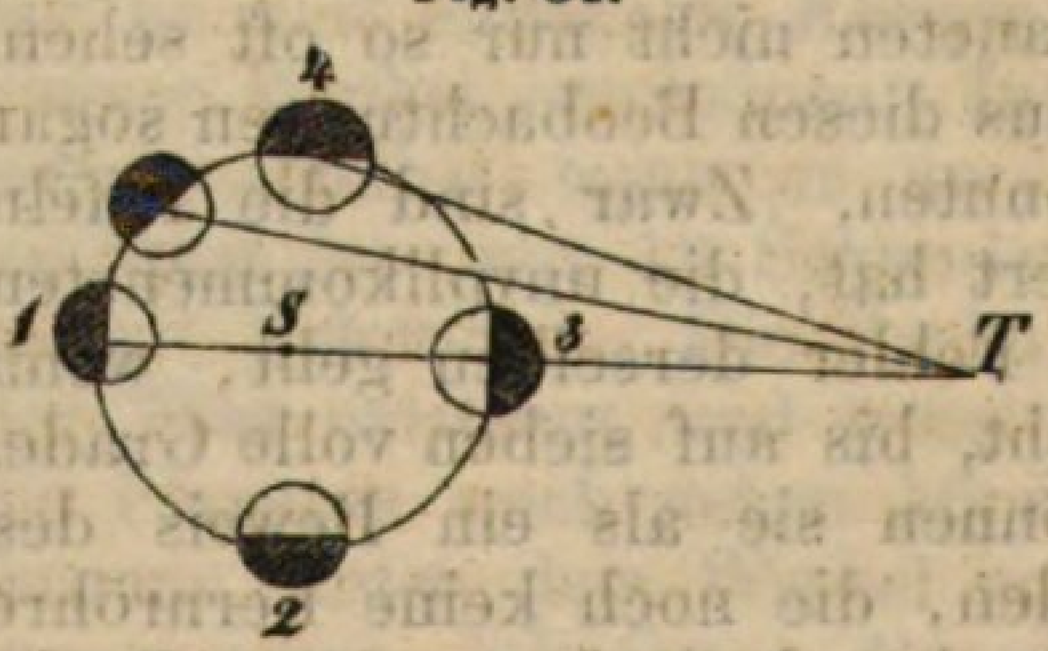
§. 36. (Sichtbarkeit Merkurs.) Man erkennt diesen Planeten an seiner hellweisen Farbe und an seinem intensiven Lichte, das, durch gute Fernröhre besehen, die Augen blendet, daher man, in sehr lichtstarken Teleskopen, schwach gefärbte oder sogenannte Dampfgläser vor das Ocular stellen muss, wie bei der Sonne, um seine Begrenzung schärfer zu sehen. Gewöhnlich ist er mit freien Augen schwer zu finden, da er sich immer in der Nähe der Sonne aufhält, von deren Lichte er gleichsam verdunkelt wird. In der That entfernt er sich nie weit von der Sonne, und ist daher nur, wenn er ihr westlich steht, Morgens kurz vor Sonnenaufgang am östlichen Himmel, und wenn er ihr östlich steht, Abends bald nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel einige Zeit durch sichtbar, so dass man ihn daher immer in dem Dämmerlichte der Sonne und nahe am Horizonte suchen muss, den äusserst seltenen Fall einer totalen Sonnenfinsterniss abgerechnet, wo man ihn wie im Jahr 1851 (siehe oben *I.* §. 173) auch mit freiem Auge hoch am Himmel wahrnimmt. Man möchte beinahe glauben, dass die alten Griechen viel bessere Augen, als wir gehabt haben, da sie diesen Planeten nicht nur so oft sehen, sondern ihn fortgesetzt beobachten, und aus diesen Beobachtungen sogar die Theorie seiner Bewegung ableiten konnten. Zwar sind die Tafeln desselben, wie sie uns Ptolemäus überliefert hat, die unvollkommensten von allen seinen Planetentafeln, und der Fehler derselben geht, wenn man sie mit unsern neuern Tafeln vergleicht, bis auf sieben volle Grade. Aber auch in diesem Zustande noch können sie als ein Beweis des Fleisses jener Astronomen betrachtet werden, die noch keine Fernröhre zu ihrem Gebote hatten, und gewiss nicht ohne lang fortgesetzte Beobachtungen auch nur die allgemeine Bewegung dieses Gestirns erkennen konnten. Kopernicus soll es noch auf seinem Sterbebette betrauert haben, dass er in seinem ganzen Leben den Merkur nicht ein einziges Mal gesehen hatte, so viel er sich auch darum bemühte. Mästlin, der

Lehrer des grossen Kepler, sagte oft scherzend, dass dieser Planet nur da zu sein scheine, um die Astronomen in ein schlechtes Licht zu stellen, und Riccioli hielt den himmlischen Merkur für eben so unergründlich für die Astronomen, als damals der irdische (das Quecksilber) für die Alchimisten war. Seit indess die Fernröhre entdeckt, und in unsern Tagen auf einen so hohen Grad der Vollkommenheit gebracht worden sind, hat man weiter keine Schwierigkeit, ihn selbst um Mittag, und in einer sehr geringen Entfernung von der Sonne zu sehen. Oefters soll es sich jedoch ereignen, dass man ihn auch mit diesen Hülfsmitteln zu einer Zeit, wo man ihn, seiner Stellung gegen Erde und Sonne wegen, am besten sehen sollte, nur mit Mühe erkennen kann, und man glaubt diese Sonderbarkeit dadurch zu erklären, dass einzelne Theile seiner Oberfläche das Licht der Sonne weniger gut reflektiren, als andere.

Wir haben bereits oben (*I.* §. 91) den scheinbaren Lauf dieses Planeten um die Sonne umständlich angegeben und gesagt, dass er sich von derselben im Mittel nur um 23 Grade östlich oder westlich entfernt. Allein wenn er zu dieser Zeit zugleich in seinem Aphelium ist, so kann diese Entfernung von der Sonne, wegen der grossen Excentricität seiner Bahn, bis auf 29 Grade steigen. Man nennt diess seine grösste Elongation, und zu dieser Zeit, sollte man glauben, müsste man ihn am leichtesten und besten sehen, weil er da von dem viel stärkern Lichte der Sonne am meisten entfernt ist, und auch bei Auf- oder Untergang der Sonne noch am höchsten über dem Horizonte steht. Allein zur Zeit der grössten Elongation ist er auch noch zu sehr von der Erde entfernt und wendet uns einen zu kleinen Theil seiner von der Sonne beleuchteten Hemisphäre zu, um hier in seinem grössten Lichte zu glänzen. Diese Verhältnisse sind im Gegentheile am günstigsten, wenn er etwas näher bei seiner unteren Conjunction mit der Sonne und nahe 15 bis 18 Grade von der Sonne absteht.

§. 37. (Phasen Merkurs.) Es ist bereits gesagt worden, dass dieser Planet uns ähnliche Lichtabwechslungen, wie der Mond, zeigt, was offenbar von seiner Stellung gegen Sonne und Erde kommt. Die blosse Ansicht der Fig. 54 wird hinreichen, diese Phasen Merkurs mit allen ihren Eigenheiten zu erklären. In seiner oberen Conjunction (1) ist er am weitesten von der Erde *T* entfernt, erscheint uns also auch am kleinsten. Da aber hier die von der Sonne *S* beleuchtete Hemisphäre ganz der Erde zugewendet ist, so hat er die Gestalt einer kreisrunden, lichten Scheibe, wie der Mond zur Zeit seines Volllichtes. In seinem ersten Viertel (2) zeigt er uns nur mehr die eine Hälfte seiner beleuchteten Hemisphäre auf seiner Westseite.

Fig. 54.



Wenn er in seiner Bahn noch weiter fortrückt, und nach (3) in seine untere Conjunction kommt, so steht er der Erde am nächsten, und müsste ihr daher am grössten erscheinen. Allein da er hier seine beleuchtete Seite ganz von der Erde wegwendet, so sehen wir ihn gar

nicht. Bisher war Merkur Abendstern, oder man sah ihn nur nach Sonnenuntergang im Westen an der östlichen Seite der Sonne; allein so wie er über (3) hinaustritt, wird er Morgenstern und erscheint vor Aufgang der Sonne im Osten auf der westlichen Seite der Sonne. Anfangs, wo er der Sonne noch sehr nahe ist, sieht man ihn nur gleich einem feinen Silberfaden, wie den Mond in den ersten Tagen nach dem Neulichte, und seine östliche Seite wird immer mehr beleuchtet, bis er in (4), in seinem letzten Viertel uns die Hälfte seiner lichten Hemisphäre, und endlich in (1) wieder die ganze beleuchtete Scheibe zuwendet (vergl. *I.* §. 91 und 109). Alle diese Erscheinungen sind den Beobachtungen vollkommen gemäss, und es ist bereits oben (*I.* §. 110) gesagt worden, dass man diese Phasen als einen der treffendsten Beweise des Kopernicanischen Planetensystems ansehen kann. Zwar hat man eben die Abwesenheit derselben (da man, selbst bei der Venus, diese Phasen ohne Fernröhre, die damals noch unbekannt waren, nicht sehen konnte) als einen Beweis gegen dies System brauchen wollen, aber nichts beweist mehr die Sicherheit und die innige Ueberzeugung von der einmal erkannten Wahrheit, als dass Kopernicus sich durch diesen, damals allerdings sehr gewichtvollen Einwurf, nicht hindern liess, sondern kühn behauptete, dass diese Phasen ganz gewiss existiren, und dass wir sie nur nicht sehen können, weil unsere Augen dazu zu schwach sind. Und in der That, kaum war das Fernrohr erfunden, als auch Galilei schon diese Lichtwechsel, wenigstens bei der Venus, wo sie viel leichter zu sehen sind, entdeckte.

§. 38. (Atmosphäre Merkurs.) Um wieder zu den Phasen Merkurs zurückzukehren, so muss noch bemerkt werden, dass man sie zwar in unsern besten Fernröhren sehr deutlich und unbezweifelt als solche erkennt, dass aber doch die Grenzen derselben, dort wo sie die dunkle Seite des Planeten berühren, immer unbestimmt und gleichsam verwaschen sind. Man hat die Ursache davon zuerst darin gesucht, dass Merkur immer dem Lichte der Sonne zu nahe und von uns nur in kleinen Höhen über dem Horizonte gesehen wird, wo unsere Luft noch zu dicht und mit fremdartigen Dünsten gemischt sei. Allein Schröter erkannte bald, dass der wahre Grund dieser Erscheinung nicht in unserer, sondern vielmehr in der Atmosphäre Merkurs zu suchen ist. Er hatte nämlich öfter einzelne Gegenden der Oberfläche dieses Planeten sich plötzlich aufhellen und nach einiger Zeit wieder verdunkeln sehen, und er schloss daraus, dass diess Wolken sind, die über diesen Planeten hin ziehen. Da sich nun Wolken ohne ihren Träger, die Atmosphäre, nicht denken lassen, so war dadurch auch die Existenz der Atmosphäre Merkurs nachgewiesen. Da aber eine solche, ihrer Natur nach, in den untern, dem Planeten nähern Schichten, immer dichter sein muss, und da die Lichtgrenze jener Phasen diejenigen Gegenden des Planeten bezeichnet, für welche die Sonne eben auf- oder untergeht, so war daraus jene Unbestimmtheit der Lichtgrenze auf eine eben so leichte als genügende Weise zu erklären. Uebrigens hat man neuerer Zeit bei Vorübergängen Merkurs vor der Sonne auch seine Ränder sehr unbestimmt begrenzt gefunden, was füglich wieder nur von einer und zwar ziemlich dichten Atmosphäre des Planeten rühren kann.

§. 39. (Rotation Merkurs.) Eigentliche Flecken, wie bei der Sonne, konnte Schröter auf der Oberfläche Merkurs nicht finden, weil vielleicht das zu nahe Licht der Sonne sie uns zu sehen hindert. Sonach wäre es also auch unmöglich gewesen, über die Rotation dieses Planeten um seine Axe irgend etwas festzusetzen. Allein die eben erwähnte Beobachtung der nur unbestimmt begrenzten Phasen, die Schröter sehr lange fortsetzte, gab ihm Gelegenheit, in ihnen selbst ein Mittel zu finden, die Rotation des Planeten zu erkennen. Er fand nämlich, dass die eine Spitze des sogenannten Horns des beleuchteten Theils seiner Gestalt, sich nach einer regelmässigen Periode ändere, was wahrscheinlich von grossen Gebirgen in der Nähe des einen Pols verursacht wird, und indem er diese Periode genau zu bestimmen suchte, fand er, dass sich Merkur in der That um seine Axe drehe, und zwar sehr nahe in derselben Zeit, in welcher auch die Erde sich um sich selbst bewegt, so dass also die Tage Merkurs mit den unsern nahe von gleicher Dauer wären.

§. 40. (Jahreszeiten auf Merkur.) Wenn aber auch die Tageszeiten auf diesen beiden Planeten nur wenig verschieden sind, so sind es dafür die Jahreszeiten desto mehr. Zwar nicht in ihrer Intensität oder in ihrem gegenseitigen Verhältnisse, denn diese hängt, wie wir oben (*I.* Abth. Kap. *VII.*) gesehen haben, von der Neigung der Bahn des Planeten gegen seinen Aequator oder von der sogenannten Schiefe der Ekliptik ab (*I.* §. 82), und diese ist bei Merkur, wo sie 20 Gr. beträgt, nahe gleich gross wie bei der Erde, wo sie gleich 23 Gr. 28 Min. Allein die Schnelligkeit des Wechsels dieser Jahreszeiten ist dort viel grösser, als hier, dort, wo jede der vier Jahreszeiten nur drei Wochen, oder näher 22 Tage dauert, während sie bei uns 91 Tage, also mehr als viermal so lange währt. Dieser schnelle Wechsel der Temperatur wird vielleicht auf der Oberfläche Merkurs eine Art von immerwährendem Frühlingswetter hervorbringen, wenn nicht die Zeit der Anwesenheit der Sonne bei Tag wegen ihrer grossen Nähe eine zu starke Hitze erzeugt, die von der darauf folgenden Nacht nicht wieder völlig abgekühlt werden kann. Wenn man bedenkt, welche wichtige Rolle das Licht schon auf unserer Erde spielt, so darf man auch voraussetzen, dass die Sonne auf dem von ihr vorzüglich begünstigten Planeten nicht nur mit stärkeren Farben malt, sondern auch mit grösserer Kraft in sein Inneres dringt, und dass schon aus diesem Grunde die Pflanzen und Thiere, welche diesen Planeten bedecken, von denen unserer Erde ungemein verschieden sein mögen.

§. 41. (Hohe Berge auf Merkur.) Noch mag bemerkt werden, dass Schröter auf Merkur sehr hohe Berge wahrzunehmen glaubte, die sich in Zügen von 40 und 60 Meilen Länge hinziehen. Die grössten derselben sollen eine Höhe von 58000 Fuss, also die doppelte Höhe der grössten Berge der Erde haben. Die meisten und höchsten dieser Berge findet man bei diesem sowohl als auch bei andern Planeten, auf der südlichen Hemisphäre. Es ist möglich, dass sie zur Milderung der hohen Temperatur, die auf der Oberfläche Merkurs herrschen mag, nicht wenig beitragen.

§. 42. (Vorübergänge Merkurs vor der Sonnenscheibe.) Wenn dieser Planet zur Zeit seiner untern Conjunction [in (3) der Fig. 54] nahe bei der Eklip-

tik, also auch nahe bei seiner Knotenlinie ist, so sieht man ihn als einen kleinen, runden, schwarzen Flecken vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Man nennt diess einen **Durchgang** des Planeten. Der scheinbare Durchmesser desselben wird dann von der Erde unter dem Winkel von 13 Sekunden gesehen. Bei der gegenwärtigen Lage seiner Knoten können diese Durchgänge nur in den beiden Monaten Mai und November statthaben. **Kepler** kündigte der erste aus den von ihm selbst entworfenen Tafeln dieses Planeten einen solchen Durchgang für das Jahr 1631 an, den auch **Gassendi** am 7. November dieses Jahrs in Paris beobachtete. Seit dieser Epoche sind viele solche Durchgänge gesehen worden. Sie kommen gewöhnlich in Perioden von 13, genauer von 26 oder auch 46 Jahren wieder und dienen den Astronomen zur Correction der Elemente dieses Planeten, oder zur Verbesserung seiner Tafeln. Das nachstehende Verzeichniss gibt die nächstfolgenden sichtbaren Durchgänge dieses Planeten. Die zweite Columne enthält die mittlere Pariser Zeit der Conjunction oder den Augenblick, in welchem der Mittelpunkt der Sonne und des Planeten von der Erde gesehen dieselbe Länge haben; die dritte gibt die Zeit der Mitte des Durchgangs, die vierte die halbe Dauer desselben, und die fünfte die kürzeste gegenseitige Distanz der Mittelpunkt von Sonne und Merkur.

	Conjunction.	Zeit der Mitte.	Halbe Dauer.	Kürzeste Distanz.
1868	5. Nov. 16^h 53^m Morgens	19^h 27^m	1^h $45^m.6$	0° 12′ 20″ Südl.
1878	6. Mai 6 48 Abends	7 5	3 53.5	0 4 39 Nördl.
1881	8. Nov. 12 47 Morgens	13 9	2 39.1	0 3 57 Südl.
1891	10 Mai 12 54 Morgens	14 23	2 34.3	0 12 21 Südl.
1894	10. Nov. 6 36 Abends	6 46	2 37.6	0 4 20 Nördl.

Die Fig. 55 stellt die verschiedenen Wege dar, welche Merkur während der dreizehn Durchgänge desselben, die in dem Jahrhundert von 1800 bis 1900 statthaben, auf der Sonnenscheibe beschreibt. Um aber auch die Erscheinungen eines solchen Durchgangs für verschiedene Punkte der Erdoberfläche darzustellen, so sieht man in Fig. 56 und 57 alle Umstände, wie sie für den Durchgang Merkurs am 4. Mai 1786 vorausberechnet, und auch durch die nachfolgenden Beobachtungen vollkommen bestätigt worden sind.

Da der Beobachter einer solchen Erscheinung den Punkt des Sonnenrandes kennen muss, wo der Eintritt Merkurs statthat, um sein Auge auf ihn zu richten und ihn gleich anfangs zu erblicken, so müssen die Astronomen diesen Punkt vorher berechnen. Diess gibt für unseren Durchgang des Jahrs 1786 die Fig. 56. In ihr ist AB der Weg Merkurs über die Sonnenscheibe $ADBE$ und DE der Vertikalkreis des Sonnenmittelpunkts O, oder D ist der höchste und E der tiefste Punkt der Sonne, welche zwei Punkte jeder Beobachter nach dem Augenmasse leicht schätzen kann. Durch Rechnung wurde der Bogen $DA = 36$

Fig. 55.

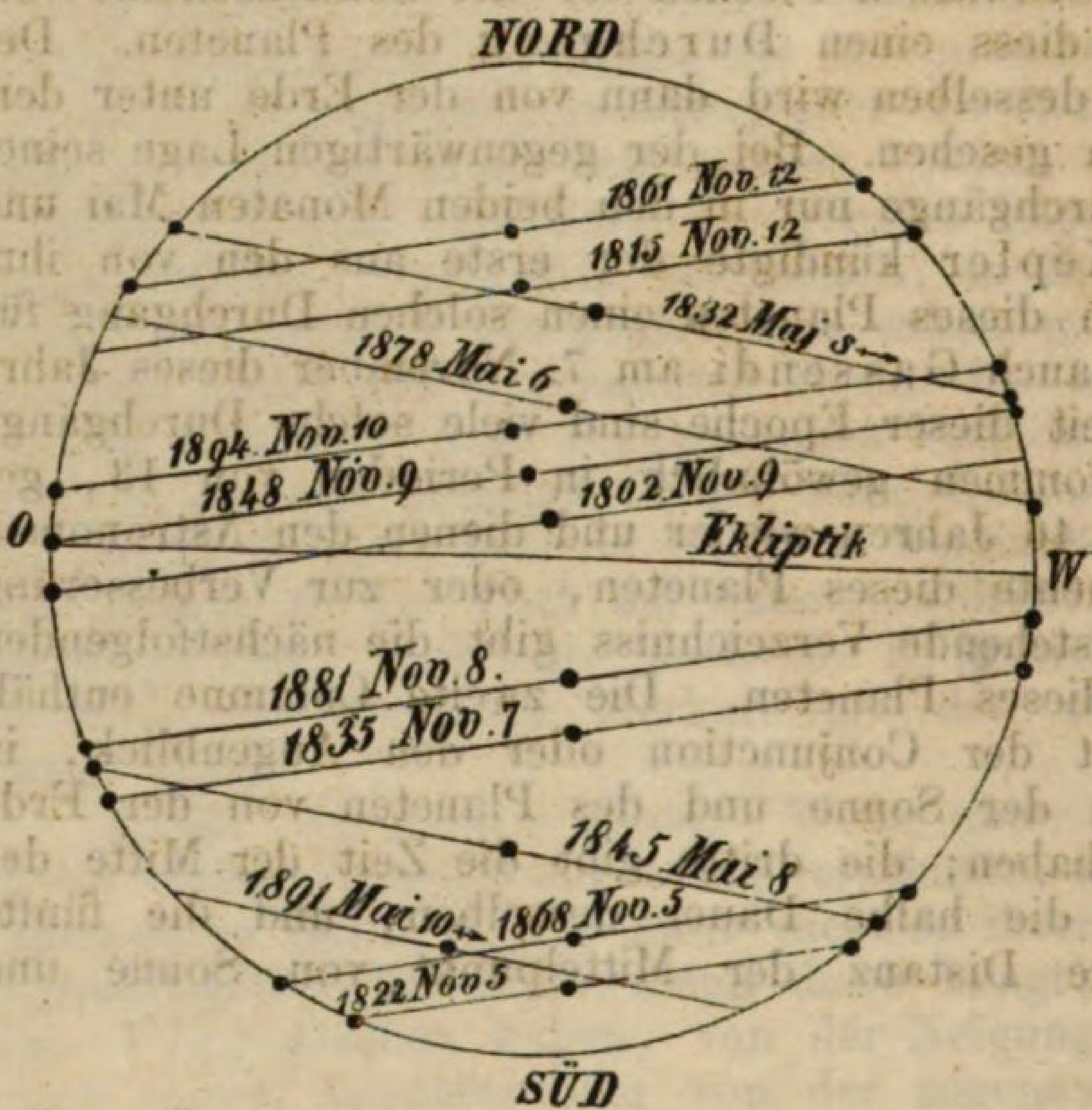


Fig. 56.



und *DB* = 30 Grad für den Horizont von Wien gefunden, so dass also ein Beobachter in dieser Stadt bei dem Eintritt sein Auge auf den Punkt *A* oder 36° östlich, und bei dem Austritt auf den Punkt *B* oder 30° westlich von dem höchsten Punkt der Sonne *D* richten musste.

Ueberdiess muss aber auch die Zeit bekannt sein, wann dieser Ein- und Austritt statthaben soll. Die Rechnung zeigte, dass für Wien

der Eintritt *A* um 3 Uhr 18 Min. Morgens wahre Zeit,
die Mitte in *C* um 5 57
und der Austritt in *B* um 8 37

statthaben würde. Da aber die Sonne am 4. Mai für Wien erst um 4 Uhr 42 Min. aufgeht, so kann Wien den Eintritt Merkurs nicht sehen, sondern dieser Planet erscheint für die Bewohner dieser Stadt beim Aufgange der Sonne bereits in dem Punkte *m* der Sonnenscheibe, da er schon 1 St. 24 M. vor Sonnenaufgang eingetreten ist. Der übrige grössere Theil der Erscheinung aber bis zum Austritt oder zum Ende derselben ist allerdings für Wien sichtbar.

Um aber die Erscheinungen dieses Durchgangs im Allgemeinen für die ganze Erde zu bestimmen, wird die Fig. 57 dienen, die ebenfalls durch Rechnung gefunden worden ist, durch eine Rechnung, die zwar für einen in diesen Dingen nur einigermassen Geübten nicht schwer ist, hier aber ohne Umständlichkeit doch nicht gut näher angegeben werden kann. Diese Figur stellt die zwei Hemisphären der Erde dar. Nebst dem Aequator und den beiden Wende- und Polar-Kreisen sieht man auf dieser Karte noch vier andere grössere Kreise der Kugel verzeichnet. Der erste derselben ist *abf* oder eigentlich nur der Bogen *ab* in der einen, und das dazu gehörige Stück *ad* in der andern Hemisphäre, und dieser Bogen *bad* geht, wie seine Aufschrift zeigt, durch alle diejenigen Punkte der Erde, welche den Eintritt Merkurs bei ihrem Sonnenaufgang sehen. Daraus folgt, dass alle Orte der Erde, die in den Theilen *abc* und *adc* der beiden Halbkugeln liegen, den Durchgang g a n z, von seinem Anfang bis zu seinem Ende, sehen werden. Diese zwei Theile sind

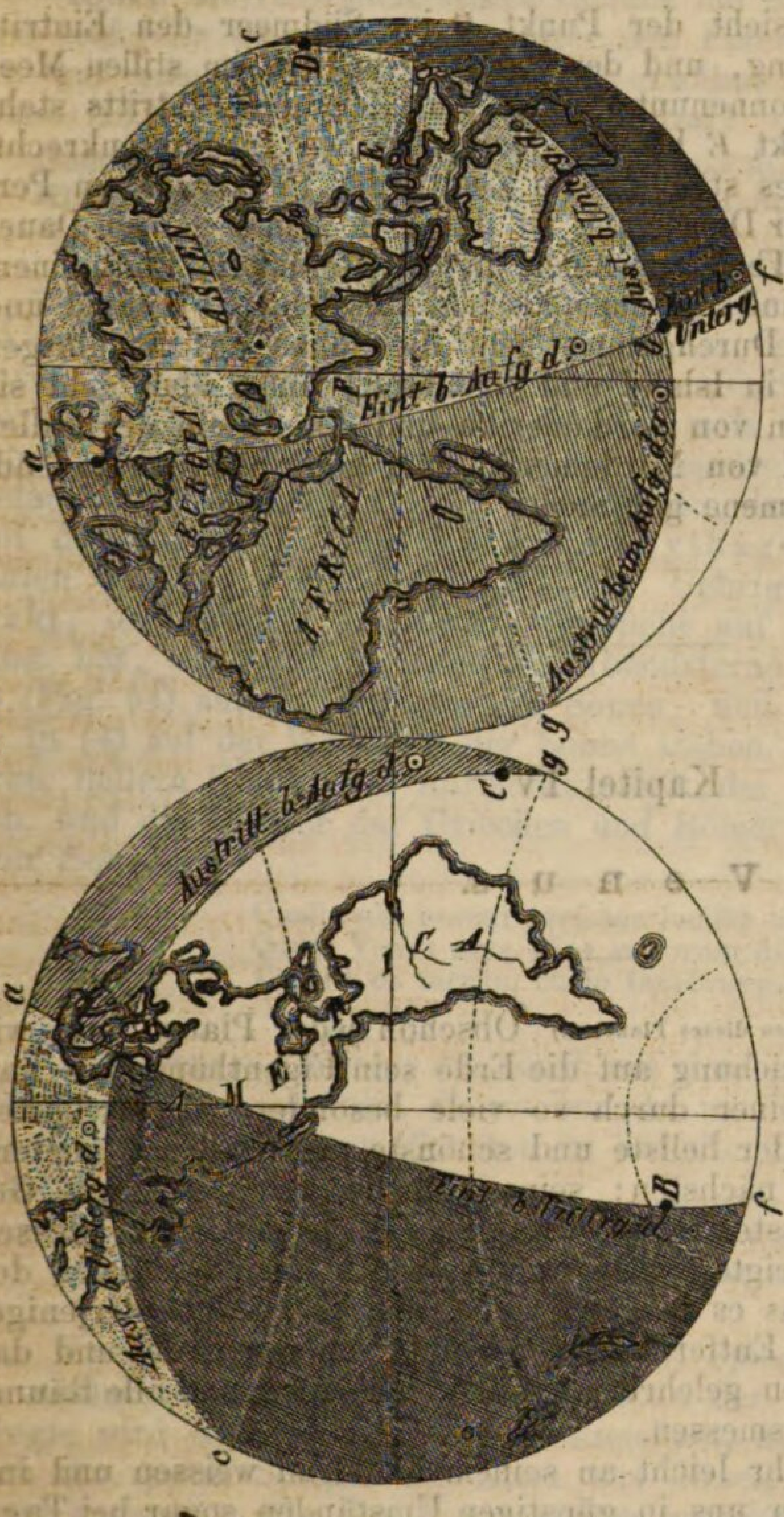


Fig. 57.

auch in der That von den beiden Bogen eingeschlossen, die den Eintritt bei dem Aufgang und den Austritt bei dem Untergang der Sonne geben. In den beiden anderen Theilen *abg* und *agd* aber geht die Sonne während des Merkursdurchgangs auf, und alle diese Länder sehen daher den Eintritt nicht, aber dafür desto mehr von den letzten Erscheinungen des Durchgangs, je näher sie bei dem Bogen *ab* liegen. Hieher gehört, wie man sieht, nicht nur Wien, sondern beinahe auch ganz Europa und Afrika. Diese beiden Theile sind daher durch eigene Linien schattirt worden. In den beiden Theilen *bcf* und *dcf* aber sind diejenigen Länder enthalten, für welche die Sonne inzwischen untergeht, und die daher das Ende der Erscheinung gar nicht, aber dafür von dem Anfange desto mehr sehen, je weiter sie von dem Bogen *df* entfernt sind. Diese Gegenden der Erde sind zum besseren Unterschiede in der Zeichnung dunkler, als die übrigen gehalten worden. Der noch übrige, in der Zeichnung weiss gelassene Theil *fgb* und *fgd* endlich sieht von der ganzen Erscheinung des Durchgangs gar nichts, da für alle in *df* liegenden Orte der Erde Merkur bei Sonnenuntergang erst eintritt und in *dg* schon wieder bei Sonnenaufgang austritt.

Die beiden Ein- und Austrittskreise schneiden sich, nördlich in *d* und südlich in *b*, der Punkt *d* liegt bei der Baffinsstrasse, und hier tritt also Merkur bei Sonnenuntergang ein und am folgenden Morgen bei Sonnenaufgang aus. Der Punkt *b* aber liegt im südlichen Eismeer, und für diesen Ort tritt Merkur bei Sonnenaufgang ein und bei Sonnenuntergang aus. Derjenige Punkt der Erde, welcher den Eintritt von allen zuerst sieht, ist *A* an der Küste von Lappland, und er sieht diesen Eintritt bei Sonnenaufgang. Der Punkt *C* aber im atlantischen

Meer sieht unter allen Punkten der Erde den Austritt zuletzt bei seinem Sonnenaufgang. Ebenso sieht der Punkt *B* im Südmeer den Eintritt zuletzt bei Sonnenuntergang, und der Punkt *D* endlich im stillen Meer den Austritt zuerst bei Sonnenuntergang. Zur Zeit des Eintritts steht die Sonne über dem Punkt *E* bei den Mariannischen Inseln senkrecht, und zur Zeit des Austrittes steht sie im Zenith des Punktes *F* im Persischen Meerbusen. Dieser Durchgang ist daher in seiner ganzen Dauer sichtbar in dem grössten Theil von Asien, in den Molukken, Philippinen, Neuholland, Neuguinea und im europäischen Russland, Finnland und Lappland. Während des Durchganges geht die Sonne auf im übrigen Europa, Afrika, Arabien, in Island und Grönland; unter aber geht sie in den westlichen Gegenden von Nordamerika und den Inseln des stillen Meeres. Der übrige Theil von Nordamerika und ganz Südamerika endlich sieht von dem Phänomene gar nichts.

Kapitel IV.

Venus.

§. 43. (Namen und Zeichen dieses Planeten.) Obschon jeder Planet, wie wir bald sehen werden, in Beziehung auf die Erde sein Eigenthümliches hat, so zeichnet sich doch keiner durch so viele besondere Eigenschaften aus, als Venus. Er ist der hellste und schönste unter allen Planeten; er kommt der Erde am nächsten; seine von der Erde gesehene Geschwindigkeit ist die grösste; er war wahrscheinlich der erste, dessen schnelle Bewegung uns zeigte, dass es ausser den fixen Gestirnen des Himmels noch andere, dass es Planeten gebe, und er ist auch derjenige, der uns zuerst die wahre Entfernung der Sonne von der Erde, und dadurch den Massstab kennen gelehrt hat, mit welchem wir nun alle Räume unseres Sonnensystems ausmessen.

Man erkennt ihn sehr leicht an seinem blendend weissen und intensiven Lichte, wodurch er uns in günstigen Umständen sogar bei Tage sichtbar wird. In der That ist er, nebst dem Monde, der einzige Himmelskörper, den man bei Tage ohne Fernröhre mit der Sonne zugleich sehen kann, und obschon man ihn immer nur, wie Merkur, in der Nähe der Sonne, also nur in den Strahlen der Morgen- oder Abenddämmerung erblickt, so ist doch sein Licht so stark, dass er unter günstigen Verhältnissen, vor dem Aufgange oder nach dem Untergange der Sonne einen erkennbaren Schatten wirft. Aus derselben Ursache ist er durch lichtstarke Fernröhre nur schwer gut und rein begränzt zu sehen, weil sein helles Licht jede kleine Unvollkommenheit des Fernrohrs vergrössert, vielleicht auch, weil er mit einer sehr dichten Atmosphäre umgeben ist, die seinen Rand sowohl als auch die Gränzen seiner Phasen undeutlich macht.

Durch die Helligkeit seines Lichtes fiel er schon den Alten besonders auf. Er ist der einzige unter den Planeten, der in den ältesten der auf uns gekommenen Gedichte erwähnt wird. Homer nennt ihn (Iliad. XXII. 318) den Schönsten, καλλιστος:

»Hell wie der Stern vorstrahlt in dämmernder Stunde des Melkens,
»Hesperus, der der Schönste erscheint von den Sternen des Himmels.«

Diese Benennung »Hesperus oder Vesperugo (Abendstern)« erhielt er, weil man ihn wahrscheinlich zuerst als einen Wandelstern zu der Zeit erkannte, wenn er in den Abendstunden am westlichen Himmel sichtbar wurde. Einen ähnlichen hellen Stern bemerkte man bald auch in den Morgenstunden an der Ostseite des Himmels, daher man diesen Phosphorus, Lichtbringer oder Morgenstern nannte. Es war vielleicht keine kleine Aufmerksamkeit nöthig, zu erkennen, dass beide Sterne nur einer und derselbe sind. Man sagt, dass Pythagoras die Identität dieser beiden Gestirne zuerst erkannt habe. Uebrigens haben wir schon bemerkt, dass Merkur dieselben Ansprüche auf eine solche Doppelbenennung hat, da beide Planeten als Abendsterne erscheinen, wenn sie in (2) (Fig. 54) auf der Ostseite der Sonne, und als Morgensterne, wenn sie in (4) auf der Westseite der Sonne stehen. Doch zog Venus, durch ihren hellern Glanz, die Aufmerksamkeit der Menschen besonders auf sich, und die Dichter der Griechen und Römer sind voll von dem Lobe ihrer Schönheit.

Qualis ubi oceani perfusus lucifer unda,
Quem Venus ante alios astrorum diligit ignes,
Extulit os sacrum coelo tenebrasque resolvit.
Aen. VIII. 589.

Die neueren Dichter, die sonst mit dem gestirnten Himmel weniger bekannt zu sein scheinen, da sie beinahe nur von Wein und Liebe singen, fanden doch diesen Planeten zu auffallend, um ihn ganz aus ihrem Gebiete auszuschliessen:

Friend to mankind, she glitters from afar,
Now the bright ev'ning, now the morning star.
Baker.

Venus erhielt das Zeichen ♀, eines Spiegels mit einer Handhabe, des nothwendigsten Attributs einer Göttin der Schönheit. In der Mineralogie wird dadurch das Kupfer bezeichnet, und wahrscheinlich wurden auch die ersten Spiegel der Alten aus diesem Metalle verfertigt. Beiläufig bemerkt, gibt das Venuszeichen umgekehrt das der Erde ♁, in welchem offenbar eine Beziehung auf die Erlösungsgeschichte zu suchen ist.

§. 44. (Entfernung und Umlaufszeit der Venus.) Venus ist im Mittel 0.723 Halbmesser der Erdbahn oder 15 Millionen Meilen von der Sonne entfernt. Die Excentricität ihrer Bahn ist die kleinste, oder diese Bahn ist die kreisförmigste von allen, daher Venus auch beinahe immer in derselben Entfernung von der Sonne bleibt, während im Gegentheile die Distanzen Merkurs von der Sonne über drei Millionen Meilen von einander verschieden sein können. Desto mehr weichen dafür die Entfernungen der Venus von der Erde unter einander ab. In der untern Conjunction (3) (Fig. 54), wo sie der Erde am nächsten ist, beträgt diese Distanz nur fünf Millionen Meilen; in der obern Conjunction (1)

aber, oder in ihrer grössten Distanz, ist sie siebenmal weiter, oder 36 Millionen Meilen von der Erde entfernt. Aus dieser Ursache ist auch ihre scheinbare Grösse so sehr verschieden. In der untern Conjunction erscheint uns ihr Durchmesser unter dem Winkel von 65 Sekunden, also grösser, als irgend ein anderer Planet, selbst Jupiter und den Ring Saturns nicht ausgenommen. In der obern Conjunction aber, wo sie ihre beleuchtete Hälfte ganz der Erde zuwendet, ist doch ihr Licht nur schwach, und ihr Durchmesser beträgt kaum 10 Sekunden, so dass uns also Venus hier selbst kleiner als Merkur, nur halb so gross als Saturn, und fünfmal kleiner als Jupiter erscheint.

Der wahre Durchmesser dieses Planeten aber beträgt 1666 Meilen, also nur unbedeutend weniger als jener der Erde. Die Oberfläche der Venus hat 8720000 Quadratmeilen, ist daher nahe gleich $^9/_{10}$ der Oberfläche der Erde. Das Volum derselben endlich beträgt 2420 Millionen Kubikmeilen oder $^9/_{10}$ des Volums der Erde. Abplattung hat man bisher noch keine wahrgenommen.

Die siderische Umlaufszeit (*I.* §. 97) der Venus um die Sonne beträgt 224.701 Tage, die tropische 224.695 und die synodische (*I.* §§. 95 und 113) 583.95 Tage. Mit dieser Bewegung legt sie in jeder Sekunde einen Weg von 110600 Par. Fuss oder von 4.8 d. Meilen zurück. Die Masse dieses Planeten beträgt $^9/_{10}$ der Erdmasse, und die Dichte dieser Masse ist nur unbedeutend kleiner, als die der Erde. Der Fall der Körper auf dessen Oberfläche endlich beträgt in der ersten Sekunde 14.0 Fuss, also nur einen Fuss weniger, als bei uns.

Man sieht aus allem Vorhergehenden, dass die Venus ein unserer Erde nahe verwandter Planet ist, indem die bisher aufgezählten Eigenschaften derselben von denen unserer Erde nur wenig verschieden sind. Doch fehlt es auch nicht an Unähnlichkeiten, die wir bald näher kennen lernen werden.

§. 45. (Phasen und Sichtbarkeit der Venus.) Es ist für sich klar, dass Venus uns eben solche Lichtabwechslungen zeigen muss, wie Merkur, und zwar noch viel auffallendere, weil sie uns oft so viel näher ist. Die Fig. 54 kann unverändert auf die Phasen beider Planeten angewendet werden, und was oben (*II.* §. 45) in dieser Beziehung von Merkur gesagt worden ist, gilt ebenfalls für Venus. Die Phasen des letzten Planeten bemerkt man schon mit einem sehr mittelmässigen Fernrohre, daher sie auch Galilei gleich nach der Entdeckung dieses Instruments erkannte, und dadurch einen neuen, Jedermann einleuchtenden Beweis für die Wahrheit des Kopernicanischen Weltsystems gab (*I.* §. 110 und *II.* §. 37).

Auch Venus entfernt sich nie stark von der Sonne; sie wird immer nur in der Nähe der Sonne gesehen. In ihrer grössten Digression steht sie nahe 48 Grade von derselben östlich oder westlich ab. Allein dieser bedeutenden Entfernung von dem Sonnenlichte ungeachtet leuchtet sie doch zur Zeit der grössten Digression so wenig als Merkur im stärksten Lichte, weil sie hier noch zu weit von uns entfernt ist. Noch weniger ist diess der Fall zur Zeit der obern Conjunction, wo sie uns zwar ganz beleuchtet erscheint, wie der Mond im Volllichte, wo sie aber auch zugleich am weitesten von uns absteht. Der Ort ihrer Bahn, wo sie uns in ihrem hellsten Lichte erscheint, so dass man sie selbst mit unbewaffnetem Auge am Mittag sehen kann, liegt zwischen ihrer untern

Conjunction und ihrer grössten Digression, näher bei der letzten, oder nahe in dem Abstande von 40 Graden von der Sonne. In derselben Entfernung von der Sonne, aber auf der andern oder obern Seite ihrer Bahn, ist ihr Licht dreimal schwächer, obschon sie uns hier einen viel grösseren Theil ihrer beleuchteten Hälfte zeigt, als dort, und ganz in der Nähe der obern Conjunction leuchtet sie noch weniger, obschon sie hier ganz beleuchtet erscheint. Je näher Venus ihrer untern Conjunction kommt, desto kleiner, desto sichelförmiger wird die Phase, die uns noch Licht von ihr zusendet, desto näher steht uns aber auch der Planet, und desto kräftiger kann sein Licht auf uns wirken. Man sieht sonach, dass es einen Punkt der Bahn geben muss, wo diese Wirkung des Lichtes am grössten ist, und dass dieser Punkt weder in die obere Conjunction fallen kann, wo zwar Venus ganz beleuchtet, aber auch am weitesten von uns entfernt ist, — noch auch in die untere, wo der Planet zwar am nächsten bei uns steht, wo aber auch sein Licht gänzlich verschwindet, indem er hier nur seine dunkle Hemisphäre zur Erde wendet. Es ist ein interessantes Problem der Astronomie, diesen Ort des stärksten Lichtes der Venus zu bestimmen; die Auflösung desselben ist aber auch mit grossen Schwierigkeiten verbunden, wenn man dabei auf alle Verhältnisse gehörig Rücksicht nehmen will. Nach dem Gesagten erscheint dieser Planet in seinem schönsten Lichte, wenn er 40 Grade östlich oder westlich von der Sonne entfernt ist, und dann beträgt sein scheinbarer Durchmesser, der in der untern Conjunction bis auf 65 Sekunden gehen kann, nur etwa 40 Sek., und die grösste Breite seiner beleuchteten Phase hat kaum 10 Sek., aber diese schmale Lichtsichel hat, wegen ihrer Nähe bei uns, ein so intensives Licht, dass sie um Mittag mit freien Augen gesehen werden, und dass sie des Nachts sogar einen obwohl nur schwachen Schatten werfen kann. In diesem Falle fällt der hellglänzende Stern selbst dem gemeinen Manne auf, besonders wenn diese Zeit in die Abendstunden des Sommers trifft und von einer günstigen Witterung unterstützt wird. Nach Lambert's Berechnung ist dann das Licht der Venus nur 3000mal schwächer als das des Vollmonds, und nahe gleich dem Schein einer Kerze in der Entfernung von 230 Fuss. Als Venus am 21. Julius d. J. 1716 in dieser Lage war, betrachtete das Volk in London diese Erscheinung als ein Wunder und als ein drohendes Vorzeichen nahen Unglücks, und i. J. 1750 wurde der nicht minder unwissende Pöbel von Paris durch dieses Phänomen so aufgeregt, dass es nöthig wurde, die Hülfe der Polizei aufzurufen, um dem Tumulte Einhalt zu thun. Und doch ereignet sich dieselbe Sache wenigstens alle acht Jahre einmal in derselben Jahreszeit und unter denselben Verhältnissen.

Die dunkle Seite der Venus ist, besonders zu der Zeit, wo der beleuchtete Theil nur wie ein feiner Lichtfaden erscheint, von einem eigenen Lichtschimmer beleuchtet, wie der Mond in den ersten Tagen nach dem Neumonde (*I.* §. 162). Die Ursache dieser Erscheinung ist uns noch unbekannt. Sie ist vielleicht in einem eigenen phosphorescirenden Lichte zu suchen, das der Oberfläche dieses und wohl auch noch mehrerer anderer Planeten eigenthümlich sein mag.

§. 46. (Flecken und Atmosphäre der Venus.) Cassini und Bianchini wollen auf der Venus Flecken, denen unserer Sonne ähnlich, gefunden haben: allein Schröter konnte, seiner sorgfältigen und lang fortgesetz-

ten Beobachtungen ungeachtet, keine dunklen Flecken, sondern nur zuweilen sehr schwache und bald vorübergehende Spuren von grauen, unsern Wolken ähnlichen Stellen sehen. Aber dass dieser Planet mit einer Atmosphäre, die der unsern an Dichtigkeit und Höhe nahe gleich ist, umgeben sei, hat Schröter durch dieselben Beobachtungen ausser Zweifel gesetzt. Wenn nämlich unsere Erde keine Atmosphäre hätte, so würden wir auch keine Morgen- oder Abenddämmerung haben, und die dunkeln Schatten der Nacht würden im Augenblicke des Untergangs der Sonne unmittelbar auf den hellen Tag folgen. Jetzt aber sendet die Sonne, auch wenn sie schon unter den Horizont gegangen ist, ihre Strahlen noch auf die höher über der Erde stehenden Luftschichten, von welchen sie wieder zu uns zurückgebrochen werden (vgl. *I.* §. 186). Es ist klar, dass diese Dämmerung im Allgemeinen desto stärker sein und desto länger dauern wird, je dichter und je höher die Atmosphäre ist. Bei unserem Monde nun ist, wie Jeder sogleich sieht, der ihn durch ein Fernrohr betrachtet, der helle Theil seiner Oberfläche von dem dunkeln sehr scharf getrennt, oder das Licht des einen geht plötzlich und ohne alle Abstufung in die Finsterniss des andern Theiles über, zum Zeichen, dass er keine Dämmerung, also auch keine Atmosphäre, wenigstens keine beträchtliche und uns merkbare Atmosphäre haben kann. Auch verschwinden die Fixsterne, vor denen der Mond, auf seinem Wege um die Erde, vorbeigeht, sehr schnell, ohne zuerst an Licht allmählich verloren zu haben, und kommen eben so plötzlich auf der andern Seite wieder hervor. Diess könnte nicht sein, wenn der Mond eine Atmosphäre hätte, die, ihrer Natur nach, in grösserer Nähe bei der Oberfläche dieses Körpers auch dichter und weniger durchsichtig sein müsste. Ganz anders verhält sich diess bei Venus. Das sonst blendend weisse Licht dieses Planeten verliert gegen die Nachtseite hin immer mehr von seiner Helle, und geht, nahe bei der Lichtgränze selbst, in eine mattgraue Farbe über, die sich oft weit über die Lichtgränze hinaus in die Nachtseite der Venus hineinzieht. Diess sind aber die Gegenden, denen eben die Sonne untergegangen ist, oder für die sie eben aufgehen will, und die daher ihre Abend- oder Morgendämmerung haben. Aus der Breite dieses dämmernden Streifens hat Schröter den Schluss gezogen, dass die Refraction (*I.* §. 183) an dem Horizonte der Venus einen halben Grad beträgt, nahe so wie die Refraction, die wir auf unserer Erde beobachten. Auch verschwinden die Fixsterne, vor welchen dieser Planet vorbeigeht, nicht plötzlich an seinem Rande, wie bei dem Monde, sondern sie werden vielmehr immer schwächer, je näher sie seinem Rande kommen, oder je tiefer sie in die untern und daher dichtern Schichten der Atmosphäre dieses Planeten eintreten. Dadurch wird nicht bloss die Existenz der Atmosphäre der Venus, sondern auch ihre Aehnlichkeit mit derjenigen der Erde bewiesen, wenigstens in Beziehung auf ihre Dichte und Höhe, nicht aber in Rücksicht auf ihre andern Eigenschaften, die vielleicht mit denen unserer Luft nur wenig gemein haben. So haben wir zwar oben von Wolken gesprochen, die Schröter zuweilen über der Oberfläche der Venus gesehen hat: allein diese grauen Flecken sind so matt und lichtschwach, dass sie mehr leichten Dünsten oder Nebeln, als eigentlichen Wolken gleichen, und sie gehören überdiess zu den sehr seltenen Erscheinungen. Die Bewohner dieses Planeten scheinen daher eine viel reinere Luft, einen viel

heitreren Himmel zu geniessen, als wir, und da es ihm an so starken Ausdünstungen fehlt, wie bei uns die Seen und Meere erzeugen, so mag es dort wohl auch an solchen grossen Wasserbehältern fehlen, und vielleicht alles in einem Zustande der Trockenheit oder der Krystallisation sein, den wir auch an unserm Monde bemerken.

§. 47. (Berge auf der Venus.) Die so eben erwähnte Lichtgränze der Venus nimmt nicht nur, in Beziehung auf ihr Licht, allmählich an Helligkeit ab, sondern sie geht auch, so wie wir diess sehr deutlich bei unserm Monde bemerken, nicht regelmässig in ihrer Krümmung fort, sie wird vielmehr häufig gebrochen und gleichsam ausgezackt. Besonders auffallend sieht man diess an den beiden Enden der Lichtgränze, an den sogenannten Hörnern derselben, die bald viel zu tief in die dunkle Seite hineintreten, bald wieder sich zurückziehen, bald abgestumpft, bald wieder sehr zugespitzt erscheinen. Diess scheint auf hohe Berge und tiefe Thäler zu deuten, durch welche der regelmässige Zug der Lichtgränze unterbrochen wird. Diese Vermuthung wird bestätigt durch die isolirten, lichten Punkte, die man in der Nachtseite, oft selbst in einer beträchtlichen Entfernung von der Lichtgränze, erblickt, und die nichts anders sein können, als hohe Berge, deren Gipfel von der untergehenden Sonne noch beschienen werden, wenn ihr Fuss bereits tief in die Schatten der Nacht gesunken ist. Man sieht leicht, dass eben diese Entfernung der Lichtpunkte von der Schattengränze ein Mittel gibt, die Höhe jener Berge zu messen, da die Gipfel der höhern Berge offenbar früher vor dem Aufgange, oder später nach dem Untergange der Sonne von ihr beleuchtet sein werden, als die der kleineren. Schröter, der diesen Gegenstand mit besonderem Eifer verfolgte, fand, dass Venus überhaupt sehr gebirgig ist, und dass viele dieser Berge eine Höhe haben, gegen welche die höchsten Berge unserer Erde nur sehr klein erscheinen. Er fand Berge, die bis zu einer Höhe von sechs Meilen heransteigen, und die daher sechsmal höher sind, als der Chimborasso, ein Resultat, das freilich noch sehr der Bestätigung bedarf. Auch hier, wie bei andern Planeten, wie selbst bei der Erde, findet man die grössten und höchsten Gebirge in der südlichen Hemisphäre, wovon wir die Ursache noch nicht angeben können.

§. 48. (Rotation der Venus.) So lange man die Berge der Venus nicht kannte, war es schwer, die Rotation dieses Planeten zu bestimmen, da er, wie bereits gesagt, nur sehr wenig ausgezeichnete Flecken hat. Dominic Cassini, der Stammvater jener astronomischen Familie, die bis in ihr viertes Glied der Sternwarte in Paris vorstand, hatte bei dieser Bestimmung der Umdrehung der Venus über viele Hindernisse zu klagen, da ihm doch die Beobachtung der Rotation von Mars und Jupiter sehr leicht und gut gelungen war. Nur mit grosser Mühe setzte er die Umdrehungszeit der Venus auf 23.3 unserer Stunden fest. Bianchini aber, der ebenfalls mit für seine Zeit sehr vorzüglichen Fernröhren versehen war, fand sie etwa 60 Jahre später gleich 24 Tagen! Schröter, der diesen Planeten über zwanzig Jahre mit Eifer beobachtete, fand mit Hülfe seiner Herschel'schen Telescope die Umdrehungszeit der Venus gleich 23 Stunden 21 Minuten, also nahe so, wie schon D. Cassini im Jahre 1666. Schröter benutzte dazu besonders die periodischen Veränderungen ihrer Hörnerspitzen. In den Jahren 1840 bis 1842 haben endlich de Vico und mehrere andere Astronomen der

Sternwarte zu Rom eine grosse Anzahl von Beobachtungen der Venusflecken angestellt, und als Resultat derselben gefunden: Rotationszeit der Venus gleich $23^h\ 21^m\ 21^s.93$, wodurch also D. Cassini's Angabe im Allgemeinen bestätigt wurde.

§. 49. (Tages- und Jahreszeiten auf der Venus.) Der Tag der Venus ist demnach in Beziehung auf seine Länge von dem unserer Erde nur unbedeutend verschieden, so dass auch die Tageszeiten auf beiden Planeten nahe dieselben sein werden. Allein ganz anders müssen sich die Jahreszeiten verhalten, wenn es anders gegründet ist, dass die Axe, um welche Venus täglich rotirt, gegen die Axe ihrer jährlichen Bahn um die Sonne 72 Grade geneigt ist, dass also das, was man ihre Schiefe der Ekliptik nennen könnte, mehr als dreimal grösser ist, als bei der Erde, wo sie (*I.* §. 48) nur $23^0\ 28'$ beträgt. Man wird sich aus dem *VII.* Kapitel *I.* Abth. erinnern, dass die Jahreszeiten durch diese Schiefe der Ekliptik bestimmt werden, und wir haben bereits dort (*I.* §. 88) die Folgen auseinander gesetzt, welche eine viel grössere Schiefe der Ekliptik auf die Temperatur und auf den Wechsel der Jahreszeiten der Erde haben würde. — Diess lässt sich nun unmittelbar auf die Venus anwenden. Wenn der Aequator dieses Planeten gegen die Bahn desselben in der That um volle 72 Grade geneigt ist (was aber noch einer genaueren Bestätigung bedarf), so würde die heisse Zone, deren Bewohner die Sonne noch in ihrem Scheitel sehen können, sich in einer Breite von 144 Graden um diesen Planeten erstrecken, während die Breite dieses Gürtels auf der Erde nur 47 Grade beträgt. Nennt man aber kalte Zone diejenigen Theile eines Planeten, für welche die Sonne mehrere Tage im Jahre nicht auf- oder nicht untergeht, so würde man von dieser heissen Zone die beiden äusseren Theile, deren jeder eine Breite von 54 Graden hätte, auch zugleich zur kalten Zone rechnen müssen. Man würde also in jeder Hemisphäre eine heisse Zone haben, die von dem Aequator bis zu dem 18ten Grade der nördlichen oder südlichen Breite reicht, und in welcher die Sonne durch das ganze Jahr täglich auf- und untergeht. Die kalte Zone aber würde um jeden der beiden Pole herumliegen und sich von ihnen ebenfalls 18 Grade gegen den Aequator hin erstrecken, und in dieser Zone würde man die Sonne nie im Scheitel sehen. Die gemässigte Zone endlich, die zwischen jenen beiden in der Mitte liegt und eine Breite von 54 Graden hat, würde einen Theil des Jahres hindurch die Sonne gar nicht sehen, wie die irdische kalte Zone, und einen andern Theil des Jahres würde sie wieder die Sonne in ihrem Zenithe haben, wie unsere heisse Zone, so dass also die sogenannte gemässigte Zone der Venus aus der heissen und kalten zusammengesetzt sein würde. Die Folge davon wäre, dass die ganze Oberfläche der Venus, nur die beiden kleinen kalten Zonen ausgenommen, die Sonnenstrahlen zuweilen in senkrechter Richtung erhalten würde. Die Bewohner der Grenze der beiden kalten Zonen werden in ihrem Sommer die Sonne im Mittage sehr nahe bei ihrem Zenithe sehen, ja selbst für die Bewohner der beiden Pole wird sie sich noch bis auf eine Höhe von 72 Graden erheben, wie diess bei uns für das südliche Spanien und für Griechenland im Sommer der Fall ist. Die Polarbewohner werden an ihren längsten Tagen, wo ihnen die Sonne nicht untergeht, im Augenblicke der Mitternacht diese Sonne noch in einer Höhe von 54 Graden, also in derselben Höhe sehen, in welcher

bei uns die Bewohner von Petersburg die Sonne im Mittage ihres längsten Tages erblicken. Die von dem Aequator über 18 Grade entfernten, noch in der heissen Zone liegenden Länder werden einen Theil des Jahres hindurch von den senkrechten Strahlen der Sonne verbrannt, und zu einer andern Zeit wieder von wochenlangen Nächten abgekühlt und alles Sonnenlichtes gänzlich beraubt werden u. s. f. Die Bewohner dieses Planeten werden daher mit sehr schroffen Abwechslungen ihrer Jahreszeiten zu kämpfen haben, die übrigens dadurch wieder einigermassen gemildert werden mögen, dass sie, wegen der kurzen Umlaufszeit der Venus um die Sonne, nur etwa halb so lange dauern, als die Jahreszeiten der Erde.

§. 50. (Anblick des Himmels von der Venus.) Wenn wir uns durch diese Verhältnisse etwas eingeengt fühlen müssten, so würden wir uns, auf diesen Planeten versetzt, durch andere Genüsse vielleicht wieder entschädigt finden, vorausgesetzt, dass unsere Organisation eine solche Veränderung unseres Wohnortes ertragen könnte. Welche Aussicht würden wir z. B. von den Gipfeln der sechs Meilen hohen Berge der Venus geniessen. Von Wien würden wir (*I.* §. 5) mit einem Fernrohr bis Hamburg, Paris und Neapel sehen, und eine Kreisfläche der Erde von mehr als hundert Meilen überschauen können. Lange nach dem Untergange der Sonne würden wir noch die Gipfel der benachbarten Gebirge von ihren Strahlen vergoldet sehen, und die Schönheit dieses Schauspiels würde noch erhöht werden durch die reine, klare Atmosphäre, in der wir beinahe keine Wolke erblicken, und wo daher trübe oder regnerische Tage zu den grössten Seltenheiten gehören. Und welchen Anblick mag bei dieser stets heitern Luft der gestirnte Himmel gewähren, wo alle Sterne und Planeten in hellem Lichte strahlen, wo die Sonne in ihrer Oberfläche viermal grösser, als bei uns erscheint, und ein zweimal stärkeres Licht als unsere Mittagssonne verbreitet! — Unsere Erde selbst erscheint den Bewohnern der Venus zur Zeit ihrer grössten Nähe, in der untern Conjunction, neunmal grösser, als uns die Venus, und sie zeigt sich ihr stets in ganz vollem und in einem neunmal stärkeren Lichte, als es Venus in ihrem schönsten Glanze der Erde zusendet.

§. 51. (Venusmond.) Man hat in früheren Zeiten viel von einem Monde gesprochen, der die Venus auf ihrem Weg um die Sonne begleiten soll. Fontana will ihn im Jahr 1645, Dom. Cassini 1672 und wieder 1686, und Short in England i. J. 1740 gesehen haben. Auch Montaigne, Horrebow und Andere sprechen von ihren Beobachtungen dieses Trabanten. Da man ihn aber seitdem bei den beiden Durchgängen der Venus vor der Sonnenscheibe, in den Jahren 1761 und 1769, wo er doch besonders sichtbar sein sollte, nicht gesehen hat, und da überhaupt alle weiteren Bemühungen der Astronomen, ihn aufzufinden, fruchtlos gewesen sind, so scheinen die angeführten Wahrnehmungen auf einer optischen Täuschung zu beruhen. Das Licht der Venus ist so stark, dass die polirten Gläser der Fernröhre zuweilen eine Spiegelung desselben verursachen können, wo man dann ein zweites schwächeres Bild des Planeten erblickt, das man leicht für einen Satelliten desselben zu halten veranlasst werden kann. Auch Wargentin in Stockholm sah einmal bei diesem Planeten eine ähnliche Erscheinung, aber als er, sich vor Täuschung zu sichern, das Fernrohr um dessen eigene Axe drehte, bewegte sich auch der vermeinte Mond mit um den

Planeten im Mittelpunkte des Fernrohrs, ganz eben so, wie sich ein Flecken auf dem Glase des Instruments gedreht haben würde. Was wenigstens die Wahrnehmungen Fontana's betrifft, so kann kein Zweifel darüber sein, dass sie sich in dieser Weise erklären. Er sah den angeblichen Mond einfach, doppelt, oben, unten, und aber immer zugleich Venus sehr strahlend. Ganz ähnliche Erscheinungen hatte er bei Mars und Saturn. Der Marssatellit hatte genau die Phase des Hauptplaneten und projicirte sich auf diesen! Indess war Lambert in Berlin von der Wahrheit jener Beobachtungen so überzeugt, dass er aus den Angaben jener Astronomen die Elemente dieses Venusmondes zu bestimmen suchte (m. s. Bode's astronom. Jahrb. 1777). Er fand aus diesen Elementen (*I.* §. 118), dass der Satellit seiner grossen Breite wegen bei den Durchgängen der Venus von 1761 und 1769 auf der Sonnenscheibe nicht sichtbar sein konnte, dass er aber bei der damals nahe bevorstehenden Conjunction am 1. Junius 1777 sich auf der Sonne projiciren würde; allein die Astronomen haben ihn auch zu dieser Zeit vergebens gesucht, und man ist jetzt der beinahe allgemeinen Meinung, dass ein solcher Satellit der Venus nicht existire*). Es scheint mit ihm zu gehen, wie

*) König Friedrich II. wollte diesen Mond der Venus, zu Ehren seines gelehrten Freundes, d'Alembert genannt wissen. Allein dieser zog sich vor dieser königlichen Gunstbezeigung mit den Worten zurück: »Je ne suis ni assez grand pour devenir au ciel le satellite de Vénus, ni assez jeune, pour l'être sur la terre, et je me trouve trop bien du peu de place, que je tiens de ce bas monde, pour en ambitionner une au firmament.« — Diese Sucht, den Gestirnen die Namen merkwürdiger Personen zu geben, war in früheren Zeiten sehr gross, und ging zuweilen in das Lächerliche über. Galilei nannte die von ihm entdeckten Satelliten Jupiters die Mediceischen Gestirne, zu Ehren der damals in Florenz regierenden Familie der Medici. Der Jesuit Schiller hat sogar den ganzen gestirnten Himmel umgetauft, und die seit Jahrtausenden eingeführten Namen der Sternbilder in die Heiligennamen seines Kalenders verwandelt, wie man in seinem Coelum Christianum v. J. 1627 sehen kann. Am weitesten hat man diese Sache bei dem Monde getrieben. Der berühmte Bürgermeister Hevel in Danzig, der uns i. J. 1647 die ersten guten Mondkarten gab, legte den vielen Flecken desselben die Namen unserer Gebirge, Länder und Meere bei. Ein späterer Astronom in Spanien fand diese Benennungen sehr unpassend und substituirte ihnen dafür die Namen der Heiligen. So wurde statt der Apenninen der heil. Michael mit seinem flammenden Schwerte, statt des ägäischen Meeres mit seinen vielen Inseln die h. Ursula mit ihren 10000 Jungfrauen, statt des Aetna der blinde Tobias u. dgl. gesetzt. Allein bald darauf kam der bekannte Jesuit Riccioli, der sich sehr viel mit dem Monde und überhaupt mit der ganzen Astronomie beschäftigte, ohne aber dadurch diese Wissenschaft eben viel weiter zu bringen. Dieser fand wieder jene Heiligennamen unpassend, und führte dafür die Namen berühmter Astronomen und anderer Gelehrten ein, unter welchen er sich, ohne Zweifel aus Bescheidenheit, die oberste Stelle vorbehielt. Auf diese Weise musste der h. Athanasius dem alten Plato, die h. Margarethe dem Ptolemäus, der h. Anton der Einsiedler dem jüngeren Plinius, und die h. Genovefa dem Galilei ihren Platz abtreten, und nur die h. Katharina blieb, aus besonderer Anhänglichkeit Riccioli's an eine Frau dieses Namens, ungekränkt an ihrer Stelle. Indess, das Unternehmen Riccioli's war vom Glücke begünstigt, und wir sehen noch in unseren Tagen auf dem Monde oder wenigstens auf unsern Karten des Mondes, zwar viele Seen und Meere aus den guten Zeiten des alten Hevel, aber auch hier unseren Hevel selbst mit Grimaldi, dort den König Alphons von Castilien mit Ptolemäus, und an einem dritten Orte sogar den alten Aristipp aus Cyrene mit Herrn Cassini aus Paris friedlich neben einander, ja selbst Riccioli glänzt noch in seiner früheren Glorie ganz auf dem obersten Punkte des Mondrandes. — Uebrigens verstanden sich selbst die alten Römer schon auf diese, wie es scheint, sehr leichten Künste, ja sie wussten sich dieselben sogar noch etwas

es mit den dreissig Satelliten der Sonne gegangen ist, die das *Dictionnaire de Trévoux* ankündigte, und die bald darauf für blosse Sonnenflecken erkannt worden sind.

§. 52. (Wichtigkeit der Durchgänge der Venus vor der Sonne.) Wir haben bereits im zweiten Kapitel von den Vorübergängen Merkurs vor der Sonnenscheibe gesprochen. Ganz ähnliche Erscheinungen bietet uns auch Venus dar, da ihre Bahn, als die eines untern Planeten, von der Erdbahn eingeschlossen wird, und da daher dieser Planet selbst zuweilen zwischen Sonne und Erde treten muss.

Diese Durchgänge der Venus sind aber in der neueren Astronomie von besonderer Wichtigkeit, daher wir uns auch hier etwas länger bei ihnen aufhalten wollen. Sie geben uns nämlich bei weitem das beste und sicherste Mittel, die Entfernung der Sonne von der Erde, oder was dasselbe ist, die halbe grosse Axe der Erdbahn zu bestimmen. Diese Halbaxe ist aber das grosse Mass, und gleichsam die Elle, mit welcher die Astronomen das ganze Planetensystem ausmessen, und überhaupt alle Entfernungen im Weltraume bestimmen, daher die genaue Kenntniss derselben in so hohem Grade nothwendig ist. — Dieses Mass hängt nicht bloss von der Willkür der Astronomen ab, wie wohl sonst die Einheit aller unserer andern Masse, sondern es wird uns gleichsam von der Natur selbst aufgedrängt. Nach dem dritten Kepler'schen Gesetze (*I.* §. 143) nämlich verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten wie die Würfel der grossen Halbaxen ihrer Bahnen. Diese Umlaufszeiten sind aber, wie bereits oben (*I.* §. 122) gesagt wurde, der Art, dass sie sich mit der grössten Genauigkeit bestimmen lassen. Mit gleicher Schärfe wird man also auch jene Halbaxen, d. h. die mittleren Entfernungen von der Sonne für alle Planeten bestimmen können, wenn man

bequemer zu machen. Nachdem sie ihren Imperatoren, diese mochten es verdienen oder nicht, Tempel und Altäre, Statuen und Triumphbogen ohne Zahl gewidmet, und nachdem eben dadurch diese Apotheosen den Reiz der Neuheit verloren hatten, musste das erste Volk der Erde, wie es sich selbst nannte, seiner Kriecherei auf eine andere Weise aufzuhelfen suchen. Die römischen Senatoren waren keine Weltumsegler, um die von ihnen entdeckten Länder mit den Namen ihrer Beherrscher zu beehren; sie waren auch keine Astronomen, um für sie neue Sternbilder an dem Himmel aufzusuchen, und eben so wenig konnte man die Länder und Meere des Mondes an sie verschenken, da man dieselben noch gar nicht kannte. Die Römer wählten sich daher die Plünderung oder vielmehr die Verstümmlung ihres ohnehin sehr schlechten Kalenders, zu welchem Geschäfte sie weder vorzüglicher Instrumente, noch besonderer Kenntnisse, an denen es ihnen fehlte, sondern nur eines guten Masses von Schmeichelei bedurften, an der sie Ueberfluss hatten. So erhielt, durch einen förmlichen Senatsbeschluss, der Monat Julius und Augustus, den beiden ersten Imperatoren zu Ehren, ihre noch heute gebräuchlichen Namen, während sie früher Quinctilis und Sextilis hiessen. Da aber die feine Courtoisie dieser Höflinge befürchtete, dass Augustus es übel nehmen könnte, wenn sein Monat, wie es bei dem Sextilis der Fall war, nur 30 Tage hätte, da doch der dem J. Cäsar früher gewidmete Monat Julius 31 Tage zählte, so wurde durch einen zweiten Senatconsult beschlossen, dem Februar, der ohnehin nur 29 Tage zählte, noch einen Tag zu rauben, und ihn dafür dem August beizulegen. Auf dieselbe feierliche Weise erhielt später der Monat April den Beinamen des Ungeheuers Nero, und der Monat Mai den des noch schlechteren Claudius; ja Domitian, der aus zu grosser Bescheidenheit nicht erst die Dekrete seines knechtischen Senats abwarten wollte, geruhte höchstselbst, und zwar unter Androhung der Todesstrafe, zu befehlen, den Monat October künftighin, und für immerwährende Zeiten, Domitianus zu nennen.

nur einmal eine einzige dieser Entfernungen, wenn man z. B. die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne kennt. Und eben dazu werden uns die Durchgänge der Venus, und zwar mit einer ausserordentlichen Sicherheit verhelfen. Ja selbst über die Grösse dieser Planeten und über die der Sonne selbst müssen wir so lange in völliger Ungewissheit bleiben, als wir die Entfernung derselben von uns nicht näher kennen. Denn unsere Beobachtungen geben uns nichts, als die scheinbare Grösse dieser Himmelskörpen, d. h. nichts, als den Winkel, unter welchem uns der wahre Durchmesser derselben erscheint. Dieser Winkel kann aber immer derselbe bleiben, wenn auch der wahre Durchmesser vielmal grösser, aber der Planet zugleich weiter von uns entfernt würde, oder umgekehrt, so dass man aus dem blossen Winkel, unter welchem uns ein Gegenstand erscheint, nichts, weder über seine wahre Grösse, noch über seine Entfernung von uns, entscheiden kann. Von diesen drei Dingen, wahrer und scheinbarer Durchmesser und Entfernung von uns, müssen nämlich, der Natur der Sache nach, immer zwei gegeben sein, um daraus das dritte zu finden.

§. 53. (Wann diese Durchgänge statthaben.) Eigentlich sollte in jeder synodischen Revolution (*I.* §. 95) der Venus, d. h. in je 584 Tagen ein Durchgang dieses Planeten vor der Sonnenscheibe erfolgen, weil er in dieser Zeit einmal zwischen uns und der Sonne durchgehen muss. Allein da die Neigung der Bahn der Venus gegen die Ekliptik über drei Grade, der Durchmesser der Sonne aber nur einen halben Grad beträgt, so wird es oft geschehen, dass dieser Planet zur Zeit seiner untern Conjunction, wo er zwischen uns und der Sonne ist, zu hoch über, oder auch zu tief unter der Sonne steht, und daher von uns nicht auf der Sonne selbst gesehen werden kann.

Offenbar wird Venus zu dieser Zeit nur dann in der Sonne erscheinen, wenn die von der Erde gesehene Breite (*I.* §. 115) nicht grösser ist, als die Summe der Halbmesser der Sonne und des Planeten, d. h. also nicht grösser als 994 Sekunden, da der Halbmesser der Sonne im Mittel 961, und der der Venus in der untern Conjunction 33 Sekunden beträgt. Venus muss daher zu dieser Zeit in der Nähe eines ihrer Knoten (*I.* §. 114) sein, und sie darf, wie man durch Rechnung zeigen kann, höchstens um 1° 50′ in Länge von diesem Knoten abstehen, wenn ein Durchgang statthaben soll. Bei Merkur ist dieser äusserste Abstand vom Knoten 3° 28′, also viel grösser, und diess ist auch die Ursache, warum die Durchgänge Merkurs viel häufiger sind, als die der Venus.

Diese Durchgänge der Venus fallen seit dem Anfange des 17ten Jahrhunderts immer entweder in die erste Hälfte des Junius oder des December, und diess wird bis zu dem Jahre 3000 unserer Zeitrechnung der Fall sein, so dass immer zwei nächstfolgende Durchgänge in den Junius, und die zwei auf diese kommenden in den December fallen. Fängt man mit einem solchen Durchgange an, der der erste von den beiden in den Junius fallenden ist, wie diess z. B. mit dem des Jahres 1761 der Fall war, so kommen die andern Durchgänge nach der Reihe in 8, 105½, 8, 121½ Jahren, nach welchen sich dieselben Perioden von 8, 105½ u. s. w. immer wiederholen. Diese Bemerkung gibt ein einfaches Mittel, die Zeiten aller folgenden Durchgänge zu finden, wenn man ein-

mal einen derselben kennt. Die unten folgende Tafel gibt dieselbe für mehrere Jahrhunderte mit aller hier wünschenswerthen Genauigkeit an.

§. 54. (Die ersten beobachteten Durchgänge der Venus.) Kepler war es, der diese Erscheinungen mit Hülfe seiner neuen Planetentafeln, die er dem Kaiser Rudolph II. zu Ehren die Rudolphinischen nannte, zuerst ankündigte, und dadurch die Astronomen auf diese wichtigen Beobachtungen aufmerksam machte. Ohne di se Vorausberechnungen würde man sie nicht leicht beobachtet haben, da sich diese Erscheinung dem Auge keineswegt von selbst aufdrängt. Aus dieser Ursache sind auch alle früheren Erscheinungen dieser Art verloren gegangen. Man hätte sie aber wahrscheinlich selbst mit diesen Vorausbestimmungen nicht wahrgenommen, da wohl nur wenige Augen so scharf sind, um die Venus selbst zu einer Zeit, wo ihr Durchmesser am grössten ist und 65 Sekunden beträgt, ohne Fernrohr in der Sonne sehen zu können. Schon Gassendi hat sich durch Erfahrung überzeugt, dass keiner seiner Freunde einen schwarzen, runden Flecken, dessen Durchmesser 80 Sekunden betrug, in der Sonne mit freien Augen sehen konnte. — Die beiden Durchgänge der Venus, die Kepler im Jahre 1627 auf diese Weise ankündigte, waren die der Jahre 1631 und 1761, von welchen der erste auf den 6. December und der andere auf den 5. Junius von ihm berechnet wurden. Beide hatten auch in der That statt, und zwar der erste nur wenige Tage nach seinem Tode, da Kepler am 15. Nov. 1631 starb. Einen anderen zwischen jene beiden fallenden Durchgang, der am 4. December 1639 eintrat, hatte Kepler übersehen. Halley, welcher zuerst die Wichtigkeit dieser Erscheinungen eingesehen und auch bekannt gemacht hatte, berechnete die 17 nächstfolgenden Durchgänge der Venus bis zu dem Jahre 2117 voraus, und theilte sie den Astronomen in den *Philos. Transact.* von 1691 und 1716 mit.

Eben dieser von Kepler in seiner Rechnung übersehene Durchgang des Jahres 1639 war der erste, der je von einem Astronomen beobachtet worden ist. Horrox in England berechnete einige Zeit zuvor eine astronomische Ephemeride, aber nach den Tafeln von Landsberg, die zwar viel weniger genau waren, als die Rudolphinischen Tafeln, die aber doch zufällig einen Durchgang der Venus für den 4. December 1639 anzeigten, während die Kepler'schen Tafeln keinen gaben. Da er in die ersten Tafeln ein besonderes Vertrauen setzte, so schickte er sich zu der Beobachtung an, und er sah in der That durch nahe eine halbe Stunde die Venus in der Sonne, so wie auch sein Freund Crabtree, der nur wenige Meilen von ihm wohnte, und den er von dem Ereignisse benachrichtigt hatte. Allein diese Beobachtung hatte keine Folgen für die Wissenschaft, da sie dazu, wie wir bald sehen werden, an zwei sehr weit von einander entlegenen Orten zugleich gemacht werden muss.

§. 55. (Durchgang von 1761.) Da Halley erst i. J. 1677 bei Gelegenheit seiner Beobachtung eines Merkurdurchganges, die er auf der später durch ein anderes Ereigniss berühmt gewordenen Insel St. Helena angestellt hatte, auf die Wichtigkeit dieser Erscheinungen aufmerksam geworden war, so musste man bis zu dem nächstfolgenden Durchgange der Venus, am 5. Junius 1761, auf daraus abzuleitende Resultate warten. Die Astronomen bereiteten sich zu dieser Beobachtung auf das Eifrigste vor, und mehrere von ihnen reisten in sehr entfernte Gegenden, um ihren Zweck besser zu erreichen. Man findet die Geschichte dieser Vorberei-

tungen in den *Mém. de l'Acad. de Paris* 1757, 1761 und 1781. Die vorzüglichsten Beobachtungen dieses Durchganges sind die von Mason am Vorgebirge der guten Hoffnung, von Bergmann in Upsala, von Planmann zu Cajaneburg in Finnland, und die zu Stockholm und Tobolsk angestellten. Die Berechnungen dieser Beobachtungen geben die Horizontalparallaxe der Sonne (*I.* §. 61) für ihre mittlere Entfernung von der Erde zwischen 8 und 9 Sekunden. Wie man aber daraus diese Entfernung der Sonne selbst, die der eigentliche Hauptzweck dieser Beobachtungen ist, abzuleiten hat, wurde bereits oben (*I.* §. 62) gesagt. Wendet man die dort gegebenen Vorschriften auf diese beide Zahlen an, so findet man für die mittlere Entfernung der Mittelpunkte der Sonne und der Erde entweder 25783 oder 22918 Halbmesser der Erde, je nachdem man die Parallaxe der Sonne zu 8 oder zu 9 Sekunden annimmt. Die Differenz dieser beiden Resultate ist 2865 Erdhalbmesser, also nahe 2½ Millionen Meilen, oder beinahe der neunte Theil des Ganzen, so dass man daher durch diese Beobachtungen die wahre Entfernung der Sonne noch nicht bis auf ihren zehnten Theil genau kennen gelernt hatte.

§. 56. **(Frühere Versuche, die Horizontalparallaxe der Sonne zu finden.)** So gross diese Ungewissheit auch scheinen mag, so ist sie doch in viel engere Grenzen eingeschlossen, als alle früheren Bestimmungen, die man zu diesem Zwecke vorgenommen. Vor Hipparch hatte man von dieser Entfernung der Sonne nicht einmal eine auch nur etwas gegründete Muthmassung. Pythagoras nahm die Entfernung der Sonne nur dreimal grösser, als die des Mondes an, da sie doch über vierhundertmal grösser ist. Aristarch von Samos war der erste, der gegen d. J. 260 vor dem Anfange unserer Zeitrechnung diese Entfernung durch eine eigene Beobachtung zu bestimmen suchte, die wir oben (*I.* §. 166) näher angegeben haben. Er fand die Parallaxe der Sonne gleich drei Minuten, also wenigstens achtzehnmal zu gross. So fehlerhaft auch diese Bestimmung war, so konnte man doch bis zu dem Anfang des siebzehnten Jahrhunderts nichts Besseres finden. Posidonius, der zwei Jahrhunderte nach Chr. G. lebte, nahm diese Distanz der Sonne gleich 13150 Erdhalbmesser an, also nur nahe um die Hälfte zu klein, aber diese Annahme gründete sich auf keine eigentliche Beobachtung, sondern bloss auf eine Meinung, wie etwa die des älteren Plinius, der die Sonne zwölfmal weiter setzt, als den Mond, weil jene zwölf, und dieser nur einen Monat braucht, seine Revolution um die Erde zurückzulegen. Riccioli (gest. 1671) fand aus einer grossen Anzahl von ihm nach Art des Aristarch angestellter Beobachtungen die Parallaxe der Sonne 28 bis 30 Sekunden. Ptolemäus im Gegentheile benutzte eine von Hipparch vorgeschlagene Methode, die Sonnenfinsternisse zu diesem Zwecke zu gebrauchen, die wohl sehr sinnreich, aber hier nicht mit Sicherheit anwendbar ist, weil der Unterschied zwischen den Entfernungen der Sonne und des Mondes von der Erde viel zu gross ist. Auch fand Ptolemäus für die Parallaxe der Sonne das sehr fehlerhafte Resultat von 2 Minuten 50 Sekunden. Selbst der grosse Observator Tycho Brahe (gest. 1601) hatte noch sehr unrichtige Begriffe von diesem Gegenstande. Er setzte die Distanz der Sonne gleich 1142 Erdhalbmesser voraus und wollte aus den Beobachtungen der Mondfinsternisse den Schluss ziehen, dass die Parallaxe der Sonne nicht kleiner als drei Minuten sein könne. Kepler (gest. 1630) bemerkte mit seinem gewöhnlichen Scharfsinne, dass die Parallaxe

des Mars zur Zeit seiner Opposition, wie diess aus Tycho's Beobachtungen folgte (für die damaligen Beobachtungsmittel) unmerklich ist, und dass also dasselbe in einem noch viel höhern Grade von der Sonne gelten müsse. Mit den Instrumenten jener Zeit war es übrigens schwer, sich der Grösse eines Winkels bis auf eine und selbst bis auf zwei Minuten zu versichern. Indess nahm Kepler die Sonnenparallaxe gleich einer Minute, also noch immer über siebenmal zu gross an.

Der erste, der uns eine der Wahrheit genäherte Kenntniss der Sonnenparallaxe gab, ist Dom. Cassini. Auf seinen Vorschlag wurde Richer von der Pariser Akademie nach Cayenne geschickt, um dort die mittägige Höhe des Mars zu beobachten, während dieselben Höhen in Paris von Picard und Römer beobachtet wurden. Cassini schloss daraus die Parallaxe des Mars gleich 25 $^1/_2$ Sekunden, und dadurch war, mittelst des dritten Gesetzes von Kepler, die der Sonne gleich 9 $^1/_2$ Sekunden gegeben, woraus also die Entfernung der Sonne von der Erde gleich 21712 Erdhalbmessern folgte. Diese Beobachtungen wurden im September des Jahres 1671 angestellt. In den folgenden Jahren setzte Cassini diese Untersuchungen auf einem andern Wege fort, indem er die Differenz der Rectascensionen des Mars mit benachbarten Fixsternen sechs Stunden vor und sechs Stunden nach seiner Culmination verglich, eine Methode, die bereits oben (*I.* §. 64) näher angegeben worden ist. Cassini fand durch diese zweiten Beobachtungen das erste Resultat im Allgemeinen bestätiget. Noch besser eignet sich zu diesen Bestimmungen die Venus, da sie uns in ihren unteren Conjunctionen noch beträchtlich näher kommt, als Mars. Allein es ist schwer, die Mittagshöhen der Venus zu dieser Zeit zu beobachten, oder auch ihre Lage gegen benachbarte Fixsterne zu bestimmen, da ihre Lichtphase sehr klein ist. Maraldi, Bianchini und Lacaille beschäftigten sich anhaltend damit, und Letzterer fand aus seinen Beobachtungen, die er im Jahr 1751 am Vorgebirge der guten Hoffnung angestellt hatte, die Sonnenparallaxe gleich 10 $^1/_4$ Sekunden. Da aber beide Beobachtungsarten ihrer Natur nach keiner sehr grossen Genauigkeit fähig sind, besonders für die noch unvollkommenen Instrumente jener Zeit, so wurde es zwar sehr wahrscheinlich gemacht, dass die Parallaxe der Sonne nahe 9 Sekunden betrage, aber die Astronomen mussten doch noch immer wünschenswerth finden, eine andere, genauere Methode zu besitzen, um sich der wahren Grösse dieses wichtigen Elementes vollkommen zu versichern.

Der Venusdurchgang des Jahres 1761 hatte ein Mittel, diesen Zweck zu erreichen, dargeboten. Allein man sah bald, dass der Durchgang dieses Jahres mit mehreren ungünstigen Verhältnissen verbunden sei, und dass man sich daher zufrieden stellen müsse, wenigstens eine Bestätigung der von Cassini aufgestellten Parallaxe gefunden zu haben, obschon man sie, wie man doch anfangs gehofft hatte, nicht genauer bestimmen, oder in noch engere Grenzen einschliessen konnte.

§. 57. (Durchgang von 1769.) Unter diesen Umständen erwartete man mit Ungeduld den nächstfolgenden Durchgang der Venus am 3. Junius 1769, von dem man sich durch Rechnung voraus versichert hatte, dass er viel günstigere Verhältnisse zur Bestimmung der Sonnenparallaxe darbieten würde, wenn die Beobachtungen in den zu diesem Zwecke angemessensten Orten der Erde angestellt würden. Die dazu geeignetsten

waren das Südmeer, Californien und die nördlichsten Gegenden von Europa sowohl als auch von Asien.

Die Monarchen aller gebildeten Nationen Europa's bemühten sich mit ruhmwürdigem Wetteifer, die Astronomen zur Erreichung dieses für die Wissenschaft wichtigen und interessanten Zweckes zu unterstützen. Frankreich, dessen Minister Choiseul sich der Sache mit besonderem Eifer annahm, sendete die Astronomen La Chappe nach Californien, Pingré nach St. Domingo und Veron nach Ostindien. Die kön. Akademie der Wissenschaften in London schickte, auf Befehl und Kosten des Königs, ihre Mitglieder Dymond und Wales nach Nordamerika, Call nach Madras und Green nach Otaheiti, welch' letzterer seine Reise auf einem von dem berühmten Kapitän Cook kommandirten Schiffe vollendete. — Die Kaiserin Katharina von Russland liess durch ihre Akademie in Petersburg Astronomen aus Deutschland und der Schweiz berufen und viele Instrumente zu diesem Zwecke in Paris und London ankaufen, mit welchen ausgerüstet der russische Astronom Rumovsky nach Kola (Br. 69°), der Schweizer Pictet nach Umba (Br. 67°), und Mallet nach Ponoi gingen. Ueberdiess wurde noch Isleniew nach Yakutzk, Lowitz nach Gurief, Krahl nach Orenburg und Christian Euler nach Omsk geschickt. In Petersburg selbst beobachteten diesen Durchgang Morjan aus Mannheim, Albert Euler, Lexel und Kotelnikow. — Der König von Dänemark bat sich zu diesem Zwecke den Astronomen Hell von Wien aus, der auf des Königs Kosten die Reise nach Wardoe im nördlichen Lappland machte. Ueberdiess beobachteten noch Planmann zu Cajaneburg in Finnland, Melander zu Upsala, Bayley am Nordkap, Justander zu Abo, Maskelyne zu Greenwich, Hornsby zu Oxford, Cassini zu Paris, Lagrange zu Mailand, Sambach und Pilgram zu Wien, Ackermann zu Kiel u. m. A. Durch ungünstiges Wetter und andere Umstände wurden vereitelt die Beobachtungen des Legentil zu Pondichery, des Call zu Madras, des Pictet zu Umba u. A.

§. 58. (Berechnung der beobachteten Durchgänge.) Fast alle oder wenigstens die wichtigsten dieser Beobachtungen findet man gesammelt in Lalande's «*Mém. sur le Passage de Vénus* 1772», und am vollständigsten in Encke's «Entfernung der Sonne, 2 Bände, Gotha 1822 und 1824.» Kaum waren die Beobachtungsresultate bekannt geworden, als sich eine grosse Anzahl von Männern fand, welche die Berechnung derselben übernahmen. Hornsby in England fand aus den von ihm zu Grunde gelegten Beobachtungen die Horizontalparallaxe der Sonne für ihre mittlere Entfernung von der Erde 8″.8 und ganz ebenso auch Pingré. Planmann in Schweden fand 8″.4, Lalande 8″.5, Lexell 8″.68, Hell 8″.70. Encke, der die sämmtlichen als gut anerkannten Beobachtungen der beiden Durchgänge von 1761 und 1769, mit der grössten Sorgfalt berechnete, bestimmte nach einer vom Herausgeber vorliegender Blätter aufgefundenen Verbesserung der Hell'schen Beobachtung (Abh. der Berl. Akad. 1835) die Sonnenparallaxe für die mittlere Entfernung der Sonne und für einen Beobachter im Aequator gleich 8″.571. Nimmt man nun die geographische Meile so an, dass fünfzehn derselben auf einen Grad des Aequators, also 5400 auf den ganzen Umfang des Aequators gehen, so ist der Halbmesser des Erdäquators (*I.* §. 5) gleich $\frac{5400}{2\pi}$ oder gleich

859 geographischen Meilen; die aus der Parallaxe 8″.571 folgende Entfernung der Sonne von der Erde beträgt 20682000 Meilen. Unsere späteren Nachkommen werden ohne Zweifel dieses allgemeine Mass der Astronomie noch viel genauer bestimmen, als es uns bisher möglich gewesen ist. Schon heute wissen wir aus neuen Bestimmungen der Geschwindigkeit des Lichtes (*I.* §. 74) aus Marsbeobachtungen (s. unten Kap. V.) u. a., dass jene bisher angenommene Sonnenparallaxe etwa um 1/30 zu klein, somit die daraus abgeleitete Entfernung der Sonne um eben so viel zu gross sei; noch aber sind die Acten über diese wichtige Frage nicht geschlossen, wesswegen wir auch hier einstweilen bei den alten Werthen jener Grössen blieben.

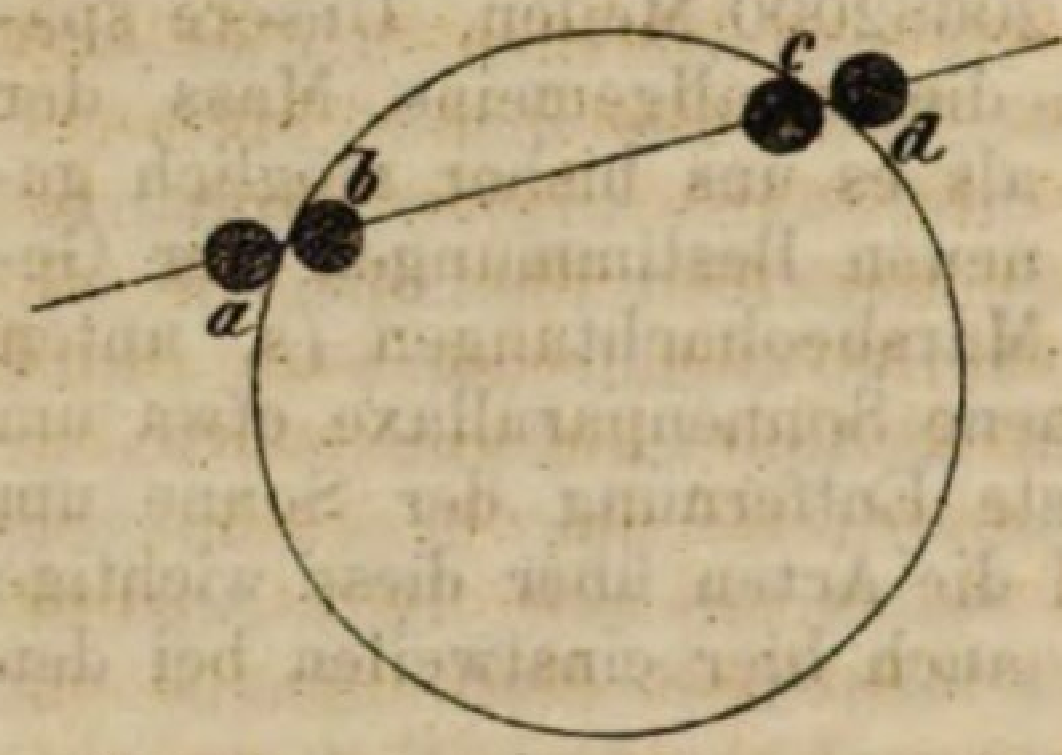
Die folgende kleine Tafel enthält die zunächst folgenden Durchgänge der Venus, von welchen wir wünschen, dass recht viele unserer Leser wenigstens die beiden ersten derselben noch mit ansehen mögen.

	Conjunction mittl. Zeit Paris.	Zeit der Mitte.	Halbe Dauer.	Kürzeste Distanz.
1874	9. Dec. 14h 18m Morg.	13h 13m	2h 4m.7	0° 13′ 51″ Nördl.
1882	6. Dec 4 26	4 59	3 1.7	0 10 29 Südl.
2004	8. Juni 19 1 Morg.	20 36	2 44.8	0 11 19 S.
2012	6. Juni 11 27 Morg.	11 47	3 20.7	0 8 20 N.
2117	11. Dec. 13 7 Morg.	12 43	2 22.8	0 13 0 N.
2125	8. Dec. 3 10	3 54	2 48.3	0 11 28 S.
2247	11. Juni 0 30	0 0	2 7.9	0 13 17 S.
2255	9. Juni 14 54 Morg.	15 8	3 36.0	0 6 23 N.
2360	13. Dec. 11 59 Morg.	11 39	2 42.8	0 11 49 N.
2368	10. Dec. 2 10	2 47	2 29.4	0 12 37 S.

§. 59. (Methode, aus diesen Durchgängen die Sonnenparallaxe zu finden.) Es ist nun noch übrig, zu zeigen, auf welche Weise man aus den Beobachtungen dieser Durchgänge die Sonnenparallaxe durch Rechnungen ableiten kann, und warum die aus diesen Beobachtungen geschlossenen Resultate jenen hohen Grad von Verlässlichkeit haben, der bereits oben von ihnen gerühmt worden ist.

Man bemerkt wohl ohne unsere ausdrückliche Erinnerung, dass ein rabenschwarzer kleiner Kreis auf dem hell leuchtenden Hintergrunde der Sonne, denn so stellt sich zur Zeit des Durchgangs die Venus dem Beobachter dar, mit der grössten Schärfe gesehen werden kann, so dass man also den Ort, welchen dieser schwarze Kreis in der Sonne einnimmt, für jeden Augenblick mit völliger Sicherheit angeben wird. Allein es handelt sich hier nicht um alle die Orte, welche Venus nach und nach während ihrer Durchgänge einnimmt, sondern nur um einige wenige und zwar gerade um diejenigen, die unter allen am leichtesten und besten, selbst ohne eigentliche Instrumente, bloss durch ein gutes Fernrohr bestimmt werden können. Man braucht nämlich nur die vier Momente der äussern und innern Ein- und Austritte, oder die vier Augenblicke zu beobachten, wann die Ränder der Venus und der Sonne sich, sowohl von aussen als auch von innen berühren. Der erste äussere Eintritt bei *a* (Fig. 58) kann vielleicht zu spät beobachtet werden, wenn man den Punkt des östlichen Sonnenrandes nicht genau weiss, an welchem die Venus eintreten soll, obschon man diesen Punkt durch Rechnung vor-

Fig. 58.



aus bestimmen kann. Allein der zweite oder innere Eintritt bei *b*, so wie der innere Anstritt bei *c* lässt sich auf das schärfste mit dem Auge verfolgen, bis der eigentlich entscheidende Augenblick, d. h. die Bildung des feinen Lichtfadens, eintritt, der zwischen den Rändern der beiden Himmelskörper bei ihrer Berührung entsteht, und nicht viel weniger genau wird man auch den letzten entscheidenden Punkt des schwarzen Kreises in *d* angeben, der an dem Rande der Sonne in dem Augenblicke erblicke erscheint, wann diese von der Venus völlig verlassen wird.

Ueber die Sicherheit dieser Beobachtungen an sich kann also weiter kein Zweifel sein. Allein es handelt sich hier nicht sowohl um diese Beobachtungen selbst, als vielmehr um das Resultat, welches man daraus ableiten will, nämlich um die wahre Grösse der Sonnenparallaxe. — Wenn man nun z. B. zeigen könnte, dass ein Fehler der Beobachtung von einer Zeitsekunde die gesuchte Parallaxe erst um eine Raumsekunde, also um 15mal weniger fehlerhaft machen würde, so würden wir diese Methode mit Recht als eine sehr gute und in der Ausübung mit Verlässlichkeit anwendbare ansehen. Allein die Verhältnisse sind in der That noch viel günstiger.

Halley hat in den zwei bereits erwähnten Memoiren (*Phil. Transact.* 1691 und 1716) durch Berechnung gezeigt, dass wenn bei ganz schicklich gewählten Beobachtungsorten auf der Erde die Ein- und Austritte der Venus auf eine Zeitsekunde genau bestimmt werden, daraus die Parallaxe oder die Distanz der Sonne bis auf ihren $^1/_{500}$sten Theil genau bestimmt werden könne. Wenn nun auch diese Behauptung vielleicht etwas übertrieben erscheinen mag, und wenn, wie die Erfahrung bei den zwei letzten Durchgängen gelehrt hat, die Fehler der Beobachtungen eine Sekunde oft genug übersteigen, so bleibt es demungeachtet nicht minder wahr, dass diese Beobachtungsart eine der sichersten in der ganzen praktischen Astronomie ist, und dass diese Methode der Bestimmung der Sonnenparallaxe einen Grad von Verlässlichkeit besitzt, deren sich nur wenige andere erfreuen.

Es wird nicht unangemessen sein, hier Einiges aus Halley's lehrreichem Aufsatze anzuführen, dem wir die Kenntniss dieser Methode verdanken und der zugleich in einer gemeinfasslichen Sprache geschrieben ist. «Es gibt viele Dinge in der Welt», sagt er, «die auf den ersten Blick sehr paradox, ja ganz unglaublich erscheinen, und die doch nicht minder wahr und oft sogar mit Hülfe der Mathematik sehr leicht zu beweisen sind. Was sollte es wohl Schwereres geben, als die Bestimmung der Entfernung der Sonne von der Erde? *) Und doch ist sie eine der leichtesten, wenn man nur einige diesem Zwecke angemessene Beobachtungen vorausschickt, wie ich sogleich näher zeigen werde.»

*) Wohl dürfte man in Beziehung auf diese Frage von Halley noch mit Plinius sagen: Incomperta haec et inextricabilia, nec ut mensura, id enim velle pene dementis est, sed ut tantum aestimatio conjectandi constet animo (H. N. II. Cap. 23).

«Vor vierzig Jahren (im Jahr 1677) war ich auf der Insel St. Helena, um daselbst die Sterne des südlichen Himmels zu beobachten. Zufällig ereignete sich in dieser Zeit ein Durchgang des Merkur vor der Sonnenscheibe. Indem ich ihn mit einem guten Fernrohre beobachtete, bemerkte ich bald, dass sich diese Beobachtungen mit einer ganz besonderen Schärfe ausführen lassen. Dabei fiel mir ein, dass sich durch diese Beobachtungen wohl die Parallaxe des Merkurs gut bestimmen lassen würde, die beträchtlich grösser sein muss, als die der Sonne, da Merkur in seiner unteren Conjunction der Erde so viel näher steht. Allein ich sah auch bald, dass die Differenz der Parallaxe Merkurs und der Sonne kleiner ist, als die Parallaxe der Sonne, und dass daher auf diesem Wege nicht viel Gutes zu erwarten sei» *).

«Aber bei der Venus, fiel mir ein, ist dies Verhältniss viel günstiger, da ihre Parallaxe viel grösser ist, als die des Merkur, und da man sie also auch von verschiedenen Punkten der Erde an verschiedenen Stellen der Sonnenscheibe sehen muss. Sollte sich nun nicht aus eben dieser Verschiedenheit der Stellen die Sonnenparallaxe selbst, durch die sie doch verursacht werden, wieder rückwärts finden lassen?»

«Diese Beobachtungen bedürfen, wie man von selbst sieht, keiner besonders kostbaren Instrumente. Ein gutes Fernrohr und eine gute Uhr, weiter braucht es nichts. Die geographische Breite des Orts darf nur beiläufig bekannt sein, da sie auf die Erscheinung keinen so wesentlichen Einfluss hat, und die geographische Länge kann man beinahe ganz entbehren, da man nichts als die Dauer der Beobachtung, d. h. die Zeit zu kennen braucht, die zwischen dem Ein- und Austritt der Venus verfliesst, ohne die absoluten Momente dieser Erscheinungen selbst zu kennen.»

Der erste der nächstkünftigen Durchgänge der Venus wird am 26. Mai 1761 statthaben. An diesem Tage, wenn es in London zwei Uhr des Morgens ist, wird Venus in die Sonne treten und um zehn Uhr des Vormittags wird sie wieder austreten. Die Dauer des ganzen Durchgangs wird also acht Stunden sein, und wir in London werden den Eintritt nicht sehen, weil wir zu dieser Zeit noch Nacht haben. Aber wenn die Sonne gegen sechs Uhr aufgehen wird, werden wir die Venus beinahe in der Mitte der Sonnenscheibe erblicken. Die Bewohner von Norwegen, und wohl auch die vom nördlichen Schottland, für welche die Sonne, wenn es in London zwei Uhr ist, schon aufgegangen sein wird, diese werden den Eintritt und sonach die ganze Dauer der Erscheinung sehen. In Ostindien, am Ausflusse des Ganges, wird die Sonne beinahe im Zenithe dieses Landes stehen, zu der Zeit, wo die Bewohner des Landes die Venus eben in der Mitte der Scheibe sehen, und es lässt sich leicht durch Rechnung zeigen, dass hier die Dauer des ganzen Durchgangs, durch die Wirkung der Parallaxe, nahe um 11 Zeitminuten verkürzt wird. Allein die Antipoden dieses Ortes, d. h. die Gegenden um die Hudsonsbay, sehen die Venus in der Mitte der Scheibe zur Zeit ih-

*) Die Parallaxe Merkurs ist bei seinen untern Conjunctionen 17″, und die Parallaxe der Sonne setzte Halley noch gleich 12″ voraus. Die Differenz beider ist 5″, also mehr als die Hälfte kleiner als die angenommene Sonnenparallaxe. Bei der Venus aber nahm er die Parallaxe 43″, und 43 weniger 12, oder 31″ ist nahe dreimal grösser als jene Sonnenparallaxe.

rer Mitternacht, und hier wird, durch die Wirkung derselben Parallaxe, die Dauer des Durchgangs um mehr als 6 Zeitminuten verlängert. Wenn also die Erscheinung an diesen beiden Orten beobachtet werden sollte, so würde die beobachtete Dauer des einen um volle 17 Minuten von der des andern Ortes verschieden sein, wenn anders, wie ich bei diesen kleinen Rechnungen voraussetzte, die Parallaxe der Sonne gleich 12 ½ Sekunden ist. Sollte nun diese Differenz der Dauer an den beiden Orten durch die wirklichen Beobachtungen grösser oder kleiner gefunden werden, so würde daraus auch eine nahe in demselben Masse grössere oder kleinere Sonnenparallaxe gefolgert werden. Da in der That 17 Minuten oder 1020 Sekunden zu der Sonnenparallaxe 12.5 Sekunden gehören, so wird eine einzige Sekunde Aenderung dieser Parallaxe schon mehr als 80 Zeitsekunden Aenderung in der Differenz jener Dauer erzeugen, da man hat 12.5 : 1020 = 1 : 81.»

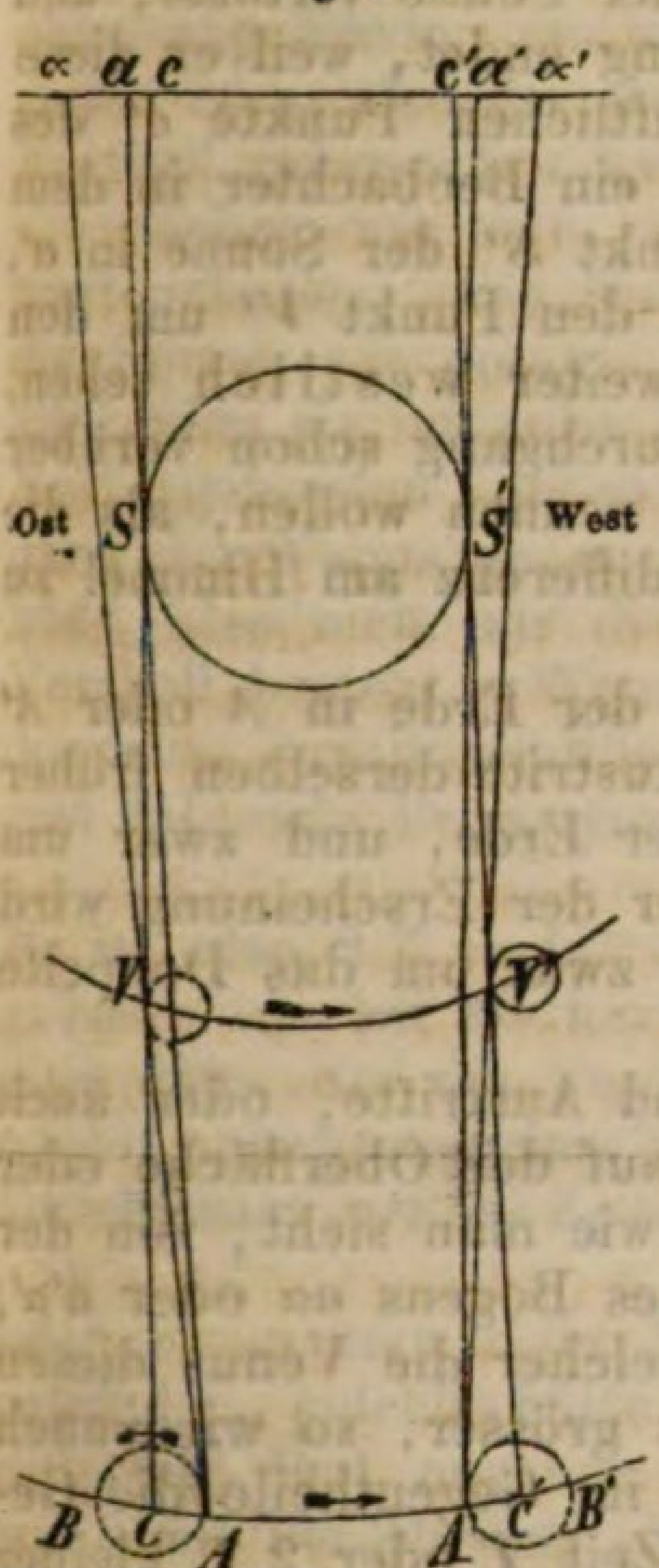
«Hat man also diese Differenz auch nur auf zwei Zeitsekunden genau beobachtet, so wird man daraus die Sonnenparallaxe bis auf den 40sten Theil einer Sekunde genau finden, weil wieder ist 12.5 : 1020 = $^1/_{40}$: 2, und dieser 40ste Theil einer Sekunde ist der 500ste Theil der ganzen Sonnenparallaxe, die wir zu 13″.5 angenommen haben, weil 40mal 12.5 gleich 500 ist.»

«Ich empfehle daher diese Methode auf das dringendste allen Astronomen, welche Gelegenheit haben sollten, diese Dinge zu einer Zeit zu beobachten, wann ich schon todt bin. Mögen sie dieses meines Rathes eingedenk sein und sich recht fleissig und mit aller ihrer Kraft auf diese wichtigen Beobachtungen verlegen, wozu ich ihnen herzlich wünsche, zuerst dass sie nicht durch ungünstige Witterung des ersehnten Anblicks beraubt werden, und dann, dass sie, wenn sie die wahre Grösse unserer Planetenbahnen mit mehr Genauigkeit bestimmt haben, darans unsterblichen Ruhm und Ehre schöpfen mögen.» *)

§. 60. (Gründe der Sicherheit dieser Methode.) Wir wollen es versuchen, den Lesern im Allgemeinen, und soweit diess ohne Rechnung möglich ist, die Gründe auseinander zu setzen, warum sich durch die Beobachtung dieser Durchgänge der Venus die Sonnenparallaxe mit so grosser Genauigkeit bestimmen lässt. Sei SS' (Fig. 59) die Sonne, C oder C' die Erde, und V oder V' der Mittelpunkt der Venus, welche beide Planeten sich ihren Bahnen, zur Zeit der untern Conjunction des letztern in derselben Richtung, oder von C nach C', und von V nach V' bewegen, während der der Venus zugekehrte Punkt der Erde in seiner täglichen Rotation in entgegengesetzter Richtung geht, wie die der Figur beigesetzten Pfeile anzeigen. Die beiden geraden Linien durch V und V' berühren den Rand der Venus, so wie die beiden Linien bei S und S' den Rand der Sonne berühren.

*) Es ist schwer, den schlichten Vortrag des biedern Mannes in einer andern Sprache wieder zu geben. Der Schluss desselben heisst: «I recommend it therefore again and again to those Astronomers, who may have an opportunity of observing these things, when I am dead, that they would remember these admonitions and diligently apply themselves, with all their might, to the making of the necessary observations, in which I wish them earnestly all imaginable success: in the first place, that they may not, by the unseasonable obscurity of a clauded sky, be deprived of this most desirable sight; and then, that having ascertained with more exactness the magnitude of the planetary orbits, it may redound to their immortal fame and glory.

Fig. 59.



Diess vorausgesetzt, ist (*I.* §. 61) der Winkel *AVC* oder *A′ V′ C′* die Horizontal-Parallaxe der Venus. Eigentlich sollte zwar der Punkt *V* in dem Mittelpunkte der Venus liegen, aber man sieht von selbst, dass dieser Winkel nur ganz unmerklich geändert werden wird, wenn man auch den Punkt *V* in irgend einem Punkte der Peripherie der Venus annimmt. Diesem Winkel ist aber auch der Winkel *αVc* oder *α′ V′ c′* gleich, und da der letzte Winkel von dem Bogen *αc* am Himmel gemessen wird, so kann man sagen, dieser Bogen *αc* stelle die Parallaxe der Venus vor. Ganz eben so wird also auch die Parallaxe der Sonne durch den Winkel *ASC* oder *aSc*, d. h. durch den Bogen *ac* oder *a′c′* vorgestellt werden. Es ist demnach *αc* die Parallaxe der Venus, und *ac* die der Sonne, und daher *aα* die Differenz dieser beiden Parallaxen, und zwar für den Augenblick, wo ein Beobachter in dem Mittelpunkte *C* der Erde eben die Venus ganz in dem östlichen Rande, bei dem Punkte *S* der Sonne eingetreten sieht. Ganz eben so ist auch *a′c′* die Parallaxe der Sonne, und *α′c′* die der Venus, also auch *a′α′* die Parallaxendifferenz für den Augenblick, wo für den Beobachter *C′* im Mittelpunkte der Erde die Venus so eben ganz aus dem westlichen Rande der Sonne, und zwar in dem Punkte *S′*, ausgetreten ist.

Bei jenem Eintritte sieht der Beobachter im Mittelpunkte *C* der Erde den Punkt *V* des Venusrandes an dem Himmel in *c*. Allein ein anderer Beobachter auf der Oberfläche der Erde in *A* wird denselben Punkt *V* am Himmel in *α* sehen, während er den Punkt *S* des östlichen Sonnenrandes, wo der erwähnte Eintritt der Venus für den Mittelpunkt der Erde geschieht, in dem Punkte *a* des Himmels sieht, d. h. der Beobachter in *A* wird die beiden Berührungspunkte *V* und *S* noch um den Bogen *aα* oder um die Parallaxendifferenz von einander entfernt sehen, während der Beobachter in *C* diese beiden Punkte *V* und *S* in dem gemeinschaftlichen Punkte *c* zusammenfallen sieht. In demselben Augenblicke also, wo der Beobachter in *C* den letzten Punkt *V* der Venus eben in den östlichen Sonnenrand eintreten sieht, steht dieser Punkt *V* für den Beobachter in *A* noch um die ganze Parallaxendifferenz *aα* östlich von dem Sonnenrande *S* entfernt; für *C* hat der innere Eintritt so eben statt, für *A* aber wird er erst später erfolgen, und zwar erst in der Zeit, in welcher Venus den Bogen *aα* am Himmel zurückgelegt haben wird.

Während des nun folgenden Durchgangs der Venus vor der Sonnenscheibe geht dieser Planet in seiner Bahn von *V* nach *V′*, und die Erde von *C* nach *C′*. Der Beobachter *A* aber, auf der Oberfläche der Erde, der früher den westlichen Punkt *A* einnahm, wird durch die tägliche Rotation auf die östliche Seite, gegen *A′* hin, gebracht. In dem Augenblicke, wo der letzte Punkt *V′* des Venusrandes, von dem Mittelpunkte

C' der Erde gesehen, den westlichen Rand S' der Sonne verlässt, und wo also, für diesen Beobachter C', der Durchgang endet, weil er diese beiden Punkte V' und S' in dem gemeinschaftlichen Punkte c' des Himmels sieht, in demselben Augenblicke wird ein Beobachter in dem Punkte A' auf der Oberfläche der Erde den Punkt S' der Sonne in a', den Punkt V' der Venus aber in α', d. h. er wird den Punkt V' um den Bogen $a'\alpha'$, oder um die Parallelaxendifferenz weiter westlich sehen, und für den Beobachter in A' wird daher der Durchgang schon vorüber sein, und zwar wieder so lange Zeit, die wir T nennen wollen, als die Venus braucht, den Bogen $a'\alpha'$ der Parallaxendifferenz am Himmel zu durchlaufen.

Kurz, der Beobachter auf der Oberfläche der Erde in A oder A' wird den Eintritt der Venus später, und den Austritt derselben früher sehen, als der Beobachter im Mittelpunkte C der Erde, und zwar um die Zeit T später oder früher. Die ganze Dauer der Erscheinung wird daher für jenen kürzer sein, als für diesen, und zwar um das Doppelte jener Zeit, oder um die Zeit $2\,T$.

Dieser Unterschied zwischen dem Ein- und Austritte, oder auch dieser Unterschied zwischen der Dauer, wie er auf der Oberfläche oder im Mittelpunkte der Erde gesehen wird, hängt, wie man sieht, von der Differenz der Parallaxen oder von der Grösse des Bogens $a\alpha$ oder $a'\alpha'$, und zugleich von der Geschwindigkeit ab, mit welcher die Venus diesen Bogen zurücklegt. Wird die Parallaxendifferenz grösser, so wird auch diese Zeit T oder $2\,T$ grösser werden, und ist im Gegentheile die Geschwindigkeit der Venus grösser, so wird diese Zeit T oder $2\,T$ kleiner werden. Da nun T eine Wirkung der Parallaxendifferenz ist, so wird man, wenn die Bewegung, mit welcher sich die Venus der Sonne nähert, bekannt ist — und diese ist aus den mittleren Bewegungen der Venus und der Sonne auf das genaueste bekannt — so wird man aus dieser Zeit T auch wieder rückwärts auf jene Parallaxendifferenz schliessen, und zwar mit einer desto grössern Genauigkeit schliessen können, je grösser dieses T selbst ist.

§. 61. (Vergleichung der Durchgänge von Merkur und Venus.) Sehen wir also zu, welchen Werth diese Zeit T in dem Falle hat, wo sie am grössten ist. Für Merkur hat man bei der untern Conjunction dieses Planeten seine Horizontal-Parallaxe gleich 17″ und die der Sonne nahe 8″. Beider Differenz ist also nur 9 Sekunden, und diess ist die Grösse des Bogens $a\alpha$ für Merkur. Nun beträgt aber die Bewegung Merkurs, mit welcher er sich, von der Erde gesehen, der Sonne nähert, zur Zeit der Durchgänge während jeder Stunde nahe 550″. Wann wird er also in dieser Bewegung den Bogen von 18″, oder die doppelte Parallaxendifferenz zurücklegen? Die folgende Proportion beantwortet diese Frage:

$$550'' : 60^{m} = 18'' : 2\,T.$$

Es ist also $2\,T$ nahe gleich 2 Zeitminuten, oder die Differenz der Dauer der Merkursdurchgänge, von dem Mittelpunkte und von der Oberfläche der Erde gesehen, beträgt höchstens 2 Zeitminuten. Gesetzt also, man hätte bei der Beobachtung eines solchen Durchgangs die volle Dauer desselben um volle 10 Zeitsekunden fehlerhaft erhalten, so würde man dadurch die Parallaxendifferenz schon um $1\,^1/_2$ Raumsekunden unrichtig haben, denn

$$120 : 18 = 10 : 1\,^1/_2.$$

So grosse Fehler, von $1\frac{1}{2}$ Seknnden, geben aber nicht einmal die oben angeführten Beobachtungen des Mars zur Zeit seiner Opposition, daher man also die Durchgänge Merkurs zu diesem Zwecke nicht mit Vortheil gebrauchen kann.

Sehen wir nun, was wir von den Durchgängen der Venus zu erwarten haben. Die Horizontalparallaxe dieses Planeten ist 31″, und die der Sonne, wie gesagt, 8″. Die Differenz dieser Parallaxen beträgt also 23″, oder sie ist nahe dreimal grösser, als bei Merkur, was, nach dem Vorhergehenden, schon ein grosser Vortheil ist. Die stündliche Bewegung der Venus gegen die Sonne endlich ist zur Zeit ihrer Durchgänge 234″, also mehr als die Hälfte kleiner, als bei Merkur, worin der zweite Vortheil besteht. Wann wird also Venus den Bogen von 46″, oder die doppelte Parallaxendifferenz zurücklegen? Die Antwort auf diese Frage gibt folgende Proportion:

$$234'' : 60^m = 46'' : 2\,T.$$

Es ist also $2\,T = 11^m.8$ oder nahe 12 Minuten, also beinahe sechsmal grösser, als bei Merkur. Um auch hier zu sehen, welchen grossen Einfluss diess auf die Bestimmung der Parallaxendifferenz hat, wollen wir wieder annehmen, dass man in der Beobachtung der Dauer eines solchen Durchgangs um 10 Zeitsekunden gefehlt habe, so hat man

$$720 : 46 = 10 : \tfrac{3}{5},$$

oder, wenn man in der Beobachtung dieses Phänomens auch volle 10 Zeitsekunden gefehlt hätte, so würde die daraus geschlossene Parallaxendifferenz doch nur um $\frac{3}{5}$ einer Raumsekunde fehlerhaft sein, während wir oben bei Merkur einen Fehler von $1\frac{1}{2}$ Sekunden, also nahe dreimal mehr, erhalten haben. Allein so grosse Fehler wird wohl nicht leicht ein Astronom, selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen, begehen können. Der Fehler, dem man bei der gegenwärtigen Vervollkommnung der Instrumente und der Beobachtungskunst noch ausgesetzt ist, kann bei dieser Art von Beobachtungen etwa eine Sekunde betragen, und sonach würde man, durch die Anwendung der hier erläuterten Methode, die Parallaxendifferenz der Venus und der Sonne wenigstens bis auf $\frac{3}{50}$ oder bis auf $\frac{1}{17}$ einer Raumsekunde genau erhalten.

Man sieht aus allem Vorhergehenden, dass der eigentliche Vortheil dieser Methode darin besteht, dass erstens die Venus, in ihrer untern Conjunction, sehr nahe bei der Erde ist, wodurch die Parallaxe derselben so gross wird, und dass zweitens ihre von der Erde gesehene Bewegung, in Beziehung auf die Sonne, zu dieser Zeit so langsam erscheint. Hätten wir noch einen andern Planeten, der uns in seiner untern Conjunction noch näher käme und sich daher dort noch langsamer bewegte, so würde derselbe auch noch viel geschickter zur Bestimmung der Parallaxe sein.

§. 62. (Nachträgliche Bemerkungen zu dieser Methode.) Bei der vorhergehenden Darstellung wird ein aufmerksamer Leser noch zwei Dinge vermissen, die wir, um den Vortrag zu erleichtern, absichtlich übergangen haben und daher hier nachtragen wollen.

Wir haben oben vorausgesetzt, dass nicht nur der Beobachter auf der Oberfläche der Erde, sondern dass auch noch ein anderer, im Mittelpunkte *C* der Erde, die Dauer des Durchgangs gesehen habe, und auf der Vergleichung dieser beiden Beobachtungen beruht eigentlich, wie man bemerkt haben wird, die ganze Methode unserer Parallaxen-Bestimmung.

Allein wie sollen wir diese Beobachtung, die im Mittelpunkt der Erde vorausgesetzt worden ist, erhalten? — Sie unmittelbar anzustellen, ist allerdings unmöglich, aber die Rechnung gibt hier, wie in so vielen andern Fällen, den Astronomen ein leichtes Mittel an die Hand, diesen Mangel zu ersetzen. Da nämlich die Tafeln der Venus in so hohem Grade genau sind, und da man die Bewegung dieses Planeten und den scheinbaren Durchmesser derselben sowohl, als auch jenen der Sonne schon mit so viel Schärfe kennt, so ist es sehr leicht, durch Rechnung zu bestimmen, wie lange die Dauer eines solchen Durchgangs für den Mittelpunkt der Erde sein wird, viel leichter in der That, als für irgend einen andern Punkt der Oberfläche der Erde, weil man für diesen letztern auf die Parallaxe der Sonne und der Venus Rücksicht nehmen müsste, die hier, für den Mittelpunkt der Erde, ganz wegfällt. Die Rechnung, von welcher hier die Rede ist, wird ganz dieselbe sein, welche man bei der Bestimmung der Mondsfinsternisse für unsere Kalender anwendet, und mit der Jeder bekannt ist, dem die ersten Elemente der rechnenden Astronomie nicht ganz fremd sind. (Vergl. *II.* §. 42.)

Der zweite oben übergangene Umstand, wie man wahrscheinlich ohnehin bemerkt haben wird, ist, dass wir immer nur von der Differenz der Parallaxen der Venus und der Sonne gesprochen haben, da es doch anfangs hiess, dass die Venusdurchgänge die Sonnenparallaxe selbst so genau bestimmen sollen. In der That hat man gesehen, dass alles Vorhergehende sich nur auf die Differenz dieser beiden Parallaxen gründet, und dass man daher auch nur diese Differenz, keineswegs aber die beiden Parallaxen selbst, durch jene Methode bestimmen kann.

Und so ist es auch in der That: wir erhalten durch das bisher erklärte Verfahren bloss den Unterschied dieser zwei Parallaxen. Allein hier kommt uns das schon mehrmals (z. B. *I.* §. 58, 143 u. f.) angeführte dritte Gesetz Kepler's sehr zu statten. Nach diesem Gesetze verhalten sich nämlich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten wie die Würfel ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne. Es wurde aber ebenfalls schon gesagt (*I.* §. 120), dass man diese Umlaufszeiten der Planeten aus den Beobachtungen der Alten mit der grössten Schärfe bestimmen kann, und auch in der That bestimmt hat. Also darf man auch, da uns das Kepler'sche Gesetz gegeben ist, annehmen, dass wir die Verhältnisse der Entfernungen der Planeten von der Sonne mit derselben Schärfe kennen. Allein diese Verhältnisse der Entfernungen sind eben die Verhältnisse der Parallaxen, da der Sinus der Parallaxe eines jeden Planeten gleich ist dem bekannten Halbmesser der Erde dividirt durch die Entfernung des Planeten von der Erde. (*I.* §. 61.) Zur Zeit der untern Conjunction aber, wo Venus in einer geraden Linie zwischen der Erde und der Sonne steht, ist die Entfernung der Venus von der Sonne gleich dem, aus der elliptischen Theorie bekannten Radius Vector (*I.* §. 138) der Erde, weniger dem der Venus, so dass daher für dieselbe Zeit das Verhältniss der Entfernungen beider Planeten von der Sonne, also auch das Verhältniss ihrer Parallaxen als eine gegebene und sehr genau bekannte Grösse anzusehen ist. Wenn man aber von zwei unbekannten Grössen ihr Verhältniss und überdiess, wie diess bei unserer Methode der Fall ist, ihre Differenz kennt, so kann man auch sehr leicht jede dieser beiden Grössen selbst finden. Wenn z. B. durch die

Beobachtung eines Durchgangs die Differenz der beiden Parallaxen gleich 23″ gefunden worden ist, und wenn man aus der Theorie der elliptischen Bewegung, verbunden mit dem erwähnten Gesetze **Keplers**, weiss, dass für dieselbe Zeit das Verhältniss der beiden Parallaxen 3.795 ist, so findet daraus jeder Anfänger in der Algebra sofort, dass die beiden Parallaxen selbst, die eine gleich 31″.23 und die andere gleich 8″.23 sein muss, wodurch daher nicht bloss die gesuchte Parallaxe der Sonne, sondern auch zugleich die der Venus gefunden wird.

§. 63. (Einfache Darstellung des Vorhergehenden.) Man kann denselben Gegenstand noch auf eine andere, sehr einfache Weise darstellen. Ist *AB* (Fig. 60) die Erde, in *V* die Venus und *S* die Sonne, so kann man, ohne in der Erscheinung etwas zu ändern, die Erde, in Beziehung auf ihre jährliche Bewegung, als ruhend vorstellen und dafür der Venus die Differenz derjenigen zwei Bewegungen geben, welche dieser Planet und die Erde in der That haben. Sei also *aVb* der Weg, welchen Venus mit dieser **relativen** Bewegung während der Zeit des ganzen Durchgangs in ihrer Bahn beschreibt. Es seien ferner *A* und *B* zwei Beobachter auf der Oberfläche der Erde, welche die zwei Endpunkte desjenigen Erddurchmessers *AB* einnehmen, der auf der Ebene der Ekliptik senkrecht steht. Lässt man der grösseren Einfachheit wegen die tägliche Rotation der Erde ausser Betrachtung und nimmt man also an, dass diese zwei Beobachter ihre Lage gegen die Sonne unverändert beibehalten, so wird der eine Beobachter *A* zu einer gewissen Zeit den Mittelpunkt der Venus auf der Sonnenscheibe in *s* und der andere Beobachter *B* in *S* sehen. Wenn sie beide ein Mittel besitzen, die Entfernung der Punkte *s* und *S* von dem Mittelpunkte oder von dem Rande der Sonne mit Genauigkeit zu messen, so wird ihnen die Grösse des Bogens *sS* z. B. in Sekunden bekannt sein. Nehmen wir an, dass man diesen Bogen *sS* gleich 40 Sek gefunden habe. Da nun die Linien *Ss* und *AB* sehr nahe parallel sind. indem sie beide auf der Ekliptik senkrecht stehen, so hat man aus den, ersten Elementen der Geometrie die Proportion

Fig. 60.



$$Ss : AB = SV : VB.$$

Allein *SV* ist die Distanz der Sonne von der Venus und *VB* die der Venus von der Erde, und aus der Theorie der elliptischen Bewegung weiss man, dass zur Zeit des Durchgangs diese Grössen $SV = 0.68$ und $VB = 0.27$ sind, wenn die mittlere Distanz der Erde von der Sonne als Einheit angenommen wird. Man hat daher auch

$$Ss : AB = 68 : 27 \text{ oder nahe } = 5 : 2,$$

d. h. jener Bogen *Ss* nimmt auf der Oberfläche der Sonne einen Raum ein, der $^5/_2$mal so gross ist, als der Durchmesser *AB* der Erde. Dieser Bogen selbst, in Sekunden ausgedrückt, ist daher auch $^5/_2$mal so gross als derjenige Bogen, unter welchem der Durchmesser der Erde, von der Sonne aus gesehen, erscheinen würde, d. h. der Winkel *SAs* ist $^5/_2$mal grösser als der Winkel *BSA*. Dieser letzte Winkel ist aber (*I*. §. 61) die doppelte Parallaxe der Sonne. Da nun der Winkel *SAs* oder der Bogen *Ss* oben gleich 40 Sekunden gefunden worden ist, so folgt, dass

die doppelte Sonnenparallaxe 40mal $^2/_5$ oder 16 Sekunden und daher diese Parallaxe selbst 8 Sekunden beträgt.

Daraus sieht man zugleich, dass jeder Beobachtungsfehler, den man in der Messung des Winkels *SAs* oder des Bogens *Ss* begeht, nur den fünften Theil dieses Fehlers in der gesuchten Sonnenparallaxe hervorbringen wird, was für die Bestimmung dieser letzten Grösse sehr vortheilhaft ist, besonders dann, wenn man Mittel besitzt, diesen Bogen *Ss* selbst schon mit einer grossen Genauigkeit zu messen. Mikrometrische Messungen, so scharf diese auch sein mögen, sind hier nicht mit der gewünschten Sicherheit anzuwenden, weil es sich um zwei verschiedene Beobachter handelt. Viel besser wird man diesen Zweck erreichen, wenn man von beiden Orten *A* und *B* der Erde den Eintritt der Venus in *m* und *M* und eben so den Austritt in *n* und *N* aus der Sonnenscheibe beobachtet. Wir haben bereits oben gesagt, dass man diese Ein- und Austritte des schwarzen Kreises auf dem hellen Sonnenhintergrunde sehr scharf beobachten kann. Da ferner die relative Bewegung der Venus auf der Sonne so langsam, und überdiess durch unsere schon sehr vollkommenen Tafeln sehr genau bekannt ist, und da man endlich, ohne allen merklichen Fehler, die Wege *MN* und *mn*, welche der Planet auf der Sonne zu beschreiben scheint, als gerade Linien annehmen kann, so erhält man eigentlich durch diese beobachteten Ein- und Austritte die Längen der beiden geraden Linien *MN* und *mn*, und zwar mit der grössten Schärfe, so dass es sich jetzt nur noch um die leichte Auflösung des geometrischen Problems handelt: die Distanz *Ss* zweier Sehnen eines Kreises zu finden, in welchem die Grösse dieser Sehnen sowohl, als auch der Halbmesser des Kreises, d. h. der Halbmesser der Sonne bekannt ist.

Kapitel V.

Mars.

§. 64. (Obere und untere Planeten.) Die beiden vorhergehenden unteren Planeten, Merkur und Venus, bewegen sich immer innerhalb der Erdbahn um die Sonne, oder ihre Bahnen werden von jener der Erde eingeschlossen. Mars ist der erste, der im Gegentheile sich ausserhalb der Erdbahn bewegt, oder er ist der erste der oberen Planeten. Aus dieser Ursache ist er nicht mehr, wie jene, in bestimmte Entfernungen von der Sonne eingeschlossen, oder man sieht ihn nicht bloss in der Nachbarschaft der Sonne, sondern vielmehr unter allen möglichen Winkeln mit derselben, also zuweilen sogar ihr gegenüber, wo er um Mitternacht durch den Meridian geht, und, wie man sagt, mit der Sonne in Opposition ist, was nicht möglich wäre, wenn nicht die Erde, zur Zeit der Opposition, zwischen ihm und der Sonne stünde, wenn also die Erdbahn von der Marsbahn nicht eingeschlossen würde. Auch sieht man ihn, aus derselben Ursache, nie in der Gestalt einer Sichel, wie Merkur und

Venus. Zwar bemerkt man zu der Zeit, wo Mars neunzig Grade von der Sonne entfernt ist, den östlichen oder westlichen Rand desselben beschattet, oder dunkel, nahe wie unsern Mond drei Tage vor und nach dem Vollmonde. Aber dieser dunkle Theil beträgt, selbst wenn er am grössten ist, noch nicht den achten Theil der ganzen uns sichtbaren Hälfte dieses Planeten, und ist daher kaum bemerklich. Noch kleiner ist dieser dunkle Theil bei den übrigen oberen Planeten, Jupiter, Saturn u. s. w., die, selbst durch unsere besten Fernröhre besehen, immer vollkommen rund erscheinen. Aus der sehr kleinen Parallaxe, die man an diesen letzten Planeten beobachtet, folgt, dass sie sehr weit von uns abstehen müssen, und aus dem Mangel aller bemerkbaren Phasen müssen wir den Schluss ziehen, dass wir sie immer in einer Richtung sehen, die nicht sehr von derjenigen verschieden sein kann, in welcher die Strahlen der Sonne diese Planeten beleuchten, dass also unsere Erde eine Stellung im Weltraume einnimmt, die nie sehr weit von dem Mittelpunkte der Bahnen jener Planeten entfernt sein kann, d. h. also wieder, dass die Erdbahn von den Bahnen dieser oberen Planeten umschlossen wird, daher wir sie auch nie, wie die untern, vor der Sonne vorbeigehen sehen können.

§. 65. **(Entfernung, Umlaufszeit, Zeichen des Mars.)** Die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne oder die halbe grosse Axe seiner Bahn beträgt 1.524 der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, oder nahe 32 Millionen Meilen. Da aber die Excentricität seiner elliptischen Bahn sehr gross ist, so kann er sich, im Perihelium, der Sonne bis auf 29 Millionen Meilen nähern, während er im Aphelium 34 Millionen Meilen von ihr absteht. Viel grösser noch sind die Verschiedenheiten seiner Distanzen von der Erde. In der Opposition, wo er der Erde am nächsten steht, ist er zuweilen nur 8, in der Conjunction aber, wo er am weitesten von ihr absteht, ist er 55 Millionen Meilen, also nahe 7mal weiter als in der ersten Lage, von der Erde entfernt.

Der Durchmesser des Mars beträgt 938 Meilen, oder nur etwas über die Hälfte des Erddurchmessers. Die Oberfläche dieses Planeten hat 2.8 Millionen Quadratmeilen, also $^3/_{10}$ der Erdoberfläche. Das Volum desselben aber beträgt 432 Millionen Kubikmeilen, oder nur $^1/_6$ des Volums der Erde.

Der scheinbare Durchmesser des Mars, wie er von der Erde gesehen wird, muss eben so sehr veränderlich sein, als seine Entfernung von uns. In der That beträgt derselbe zur Zeit seiner Conjunction nur 4 Sekunden, oder er erscheint da nur in der Grösse des Uranus; zur Zeit seiner Opposition aber hat dieser Durchmesser 26 Sekunden, ist also da nahe so gross, wie Jupiter zu der Zeit, wo er am kleinsten erscheint. Der Durchmesser der Sonne endlich erscheint den Bewohnern des Mars unter dem Winkel von 1360 Sekunden, oder über 9 Minuten kleiner, als uns der Durchmesser der Sonne erscheint.

Die Umlaufszeit dieses Planeten um die Sonne beträgt 686.980 Tage in Beziehung auf die Fixsterne, und 686.930 Tage in Beziehung auf den Frühlingspunkt (*I.* §. 146). Daraus folgt, dass er in seiner mittlern Geschwindigkeit während jeder Sekunde nahe 3 $^1/_3$ Meilen zurücklegt. — Die Masse des Mars ist schwer mit Genauigkeit zu bestimmen, da er keinen Satelliten hat. Wir haben dazu kein anderes Mittel, als die Störungen, die er in dem Laufe der Erde hervorbringt, um aus ihnen

rückwärts auf die eigentliche Kraft, d. h. auf die Masse des störenden Körpers zu schliessen. Allein da diese Störungen, wegen der geringen Masse des Mars, selbst wenn sie am grössten sind, nur sieben Sekunden betragen, so gewähren sie keine hinlängliche Sicherheit. Man nimmt an, dass die Masse des Mars nur etwa $^1/_{10}$ von der Masse der Erde sei, während die Dichte dieser Masse $^7/_{10}$ der mittlern Dichte der Erde betragen soll. Daraus würde folgen, dass die Körper auf der Oberfläche dieses Planeten in der ersten Sekunde nur durch 6 $^1/_{10}$ Fuss fallen, der kleinste Weg, den überhaupt die frei fallenden Körper auf irgend einem der älteren Planeten unseres Sonnensystems zurücklegen.

Mars, als Gott des Krieges, erhielt das Symbol ♂ des Pfeiles mit dem Schilde, in der Chemie das Zeichen des Eisens, des unentbehrlichsten Metalles für den Krieger.

§. 66. (Flecken und Rotation des Mars.) Man erkennt diesen Planeten sehr leicht an seiner trübrothen Farbe, die der des mattglühenden Eisens ähnlich ist. Mit guten Fernröhren hat man auch mehrere Flecken auf seiner Oberfläche beobachtet, die eine braunröthliche, unserer Ochererde oder unserem rothen Sandsteine ähnliche Farbe haben und vielleicht das Festland dieses Planeten bezeichnen, während andere, grünlich und blau gefärbte Flecken Seen oder Meere sein mögen. Cassini beobachtete sie zuerst i. J. 1666, und schloss daraus die tägliche Rotation dieses Planeten um seine Axe gleich 24 St. 40 M. unserer mittleren Zeit (*I.* §. 155). Der ältere Herschel bestimmte diese Umlaufszeit später i. J. 1781 auf 24 St. 39 Min. 21 Sek., und nahe eben so wurde sie von Cassini, Huth u. A. gefunden, die sich mit diesem Gegenstande eifrig beschäftiget haben. Beer und Mädler bestimmten diese Rotationszeit genauer zu 24 St. 37 Min. 20 Sek., Linsser zu 24 St. 37 M. 22.9 Sek. Es ist immer merkwürdig, dass die Tage der vier nächsten Planeten bei der Sonne alle nahe gleich lang sind, während sich die von der Sonne entfernten Planeten durchaus viel geschwinder bewegen. Die letztgenannten Beobachter fanden, dass jene Flecken in Beziehung auf ihre Gestalt und auf ihren Ort sehr constant sind, und sie glauben daraus folgern zu dürfen, dass sie nicht, wie man früher glaubte, wolkenartige Gegenstände seien, sondern dass sie vielmehr der Oberfläche des Mars selbst angehören. Allein dieser Flecken gibt es wohl wenigstens zwei sehr verschiedene Arten. Schröter und Harding haben an den meisten der von ihnen beobachteten Flecken eine sehr grosse Veränderlichkeit wahrgenommen. Schröter beobachtete mehrmals die Geschwindigkeit, mit welcher sie über die Oberfläche ihres Planeten hinziehen, zu 50 und selbst zu 90 Fuss in der Sekunde, was die Schnelligkeit unserer Stürme beinahe um das Doppelte übertrifft. Auch hat man häufig Veränderungen in der Gestalt der einen Gattung dieser Flecken bemerkt, zum Beweise, dass diese wenigstens der Atmosphäre des Mars angehören.

Fig. 61.

Süd



Nord

Fig. 61 gibt ein Bild des Planeten nach einer Zeichnung, die Secchi in Rom am 15. Juni 1858 im umkehrenden Fernrohre angefertigt hat, so dass also Süd oben, Ost rechts zu denken ist.

§. 67. (Atmosphäre des Mars.) Auch die Atmosphäre des Mars ist nach einigen Beobachtungen ganz verschieden von der, die wieder Andere gesehen haben wollen. Cassini und Römer sahen öfter kleine Fixsterne, wenn ihnen Mars näher rückte, allmählich dunkler werden und endlich ganz verschwinden, noch ehe sie den eigentlichen Rand des Planeten erreichten. Sie schrieben diess der sehr starken Atmosphäre desselben zu, die besonders in den untern Schichten so dicht sein sollte, dass man die kleinen Sterne dadurch nicht mehr sehen konnte. James South bemerkte eine solche zu frühe Verschwindung nicht, als er am 28. November 1832 die Bedeckung eines Sterns der achten Grösse von Mars, mit besonderer Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand, beobachtete. Hier zeigte sich auch nicht die geringste Spur einer solchen Veränderung des Sterns, er behielt vielmehr sein volles Licht und seine hellblaue Farbe bis zu dem Augenblicke seines eigentlichen Eintritts, und auch bei seinem Austritte zeigte sich keine solche Aenderung, zum Beweise, dass die Atmosphäre des Mars, wenn sie überhaupt existirt, aus sehr zarten und dünnen Stoffen gewebt sein müsse. Allein man darf nicht unterlassen, hinzuzusetzen, dass South's neunzehnschuhiges Fernrohr von 11.8 Zoll Oeffnung eine ganz ausserordentliche Deutlichkeit und Lichtstärke gehabt haben soll.

§. 68. (Abplattung des Mars.) Nicht minder zweifelhaft ist man über die Abplattung dieses Planeten an seinen beiden Polen. Der ältere Herschel will das Verhältniss seiner beiden Axen wie 15 zu 16 gefunden haben. Nach andern Beobachtern ist der Unterschied zwischen ihnen viel kleiner. Künftige Beobachtungen mit ausgezeichneten Fernröhren werden uns darüber wohl bald mehr Gewissheit geben. In der Nähe jedes dieser Pole bemerkt man einen runden, blendend weissen Flecken. Er verschwindet allmählich, wenn der betreffende Pol eine längere Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, oder Sommer hat, und er ist am grössten und hellsten, wenn er eben aus der langen Nacht seines Polarwinters heraustritt. W. Herschel hat daraus mit vieler Wahrscheinlichkeit den Schluss gezogen, dass diese Flecken grosse Schneefelder sind. Sie scheinen selbst, wenn sie am grössten sind, über die eigentliche Kugel des Planeten hervorzutreten, vielleicht weil sich in den Polen hohe Eisgebirge bilden, vielleicht auch in Folge derselben optischen Täuschung, nach welcher wir den beleuchteten Theil des Mondes immer als das Segment einer grössern Kugel sehen, als den übrigen dunkeln Theil. Diese von Maraldi im Jahre 1716 zuerst beobachteten Flecken lehrten uns auch die Neigung des Aequators dieses Planeten gegen seine Bahn kennen. Sie beträgt 28° 42′, ist also nicht sehr von unserer Schiefe der Ekliptik verschieden, daher auch die Abwechslung der Jahreszeiten auf dem Mars nahe dieselben Erscheinungen zeigen würde, wie auf der Erde, wenn, wie Mädler zuerst ausführte, die bedeutende Excentricität der Marsbahn nicht den wesentlichen Unterschied erzeugte, dass die nördliche Hemisphäre lange gemässigte Sommer und kurze milde Winter, hingegen die südliche Hemisphäre kurze heisse Sommer und lange strenge Winter hat. Die Beleuchtung, welche Mars von der Sonne erhält, ist nur die Hälfte von jener der Erde, da diese sich immer verkehrt verhält, wie

das Quadrat der Entfernung von dem leuchtenden Körper. Diejenige Beleuchtung aber, welche die Erde von dem geborgten Lichte des Mars erhält, ist gegen 9000 millionenmal schwächer, als das der Sonne, d. h. erst 9000 Millionen dem Mars ähnliche und mit ihm gleich stark beleuchtete Kugeln neben einander gesetzt, würden auf der Erde ein Licht verbreiten, welches unserm hellen Mittagslichte gleicht.

§. 69. (Wichtige Dienste, die Mars der Astronomie geleistet hat.) Satelliten hat man, man, wie gesagt, an diesem Planeten noch keine bemerkt; demungeachtet könnten sie existiren. Da Mars selbst nur so matt beleuchtet ist, so wäre es möglich, dass diese Satelliten ihr von der Sonne erhaltenes Licht in noch schwächerem Grade zurückwerfen, und dass sie sich überdiess vielleicht mehrere Grade von ihrem Hauptplaneten entfernen, wodurch das Auffinden dieser Monde sehr erschwert werden müsste. Es wäre desshalb vielleicht zweckmässig, diesen Planeten und seine Umgebungen, besonders zu der Zeit seiner Opposition, wo er der Erde am nächsten steht, mit lichtstarken Fernröhren aufmerksam und wiederholt zu untersuchen.

Uebrigens hat uns dieser Planet, in Beziehung auf unsere Kenntniss des ganzen Sonnensystems, schon zweimal sehr wichtige Dienste geleistet. Wir haben im vorhergehenden Kapitel (§. 56) gesehen, dass Mars es war, der uns die erste genaue Bestimmung der Sonnenparallaxe und damit die Kenntniss der wahren Grösse unseres Weltsystems gegeben hat; neuerer Zeit scheint Mars wesentlich sogar zu einer Verbesserung der bisher aus den Venusdurchgängen gefolgerten Sonnenparallaxe (§. 58) beitragen zu sollen. Eben so haben wir auch schon oben (*I.* Kap. IX.) erwähnt, dass die grosse Excentricität der Marsbahn es war, die Kepler auf die Entdeckung der elliptischen Bewegung geführt hat. Hätte sich zufällig zu der Zeit, als Kepler sich mit Tycho zur Förderung der Wissenschaft verband, der Letztere mit einem andern Planeten beschäftigt, so würde Kepler seine grosse Entdeckung, durch welche die Astronomie eine ganz andere Gestalt erhielt, höchst wahrscheinlich nicht gemacht haben, da er bei den so unvollkommenen Beobachtungen seiner Zeit schon Mühe genug hatte, auch nur die an sich so grosse Ellipticität der Marsbahn zu erkennen.

Kapitel VI.

Asteroiden.

§. 70. (Merkwürdige Reihe in den Entfernungen der Planeten.) Wenn man die mittleren Distanzen der älteren Planeten von der Sonne, die wir bereits oben (*I.* §. 97) besprochen haben, näher betrachtet, so findet man zwischen Mars und Jupiter eine auffallend grosse Lücke. Bezeichnet man nämlich die mittlere Entfernung Merkurs von der Sonne mit 4, so erhält man für die der Venus 7, der Erde 10, des Mars 16, des Jupiter 52, des Saturn 100 und des Uranus 196. Diese Zahlen gehen nach einem

bestimmten Gesetze fort, das man sogleich bemerkt, wenn man sie so schreibt:

Merkur	4				
Venus	4	und	3		
Erde	4	und	2	mal	3
Mars	4	und	3	mal	3
Jupiter	4	und	16	mal	3
Saturn	4	und	32	mal	3
Uranus	4	und	64	mal	3.

Es sind aber die Zahlen 2, 4, 8, 16, 32 und 64, wie bekannt, der Reihe nach die sogenannte 1., 2., 3.... Potenz von 2. Von diesen Potenzen fehlt in der obigen Reihe die dritte oder die Zahl 8, und diese Lücke ist es, die den Astronomen auffiel und dieselben einen bisher unbekannten Planeten in dem grossen Zwischenraume vermuthen machte, welcher die Bahnen des Mars und Jupiter von einander trennt. Obschon die Zahlen jener Reihe nicht eben sehr genau sind, da sie eigentlich sein sollten: 4.0, 7.5, 10.3, 15.7, 53.7 u. s. w., so hielt man doch, und wie der Erfolg lehrte, mit Recht, an jener Spur fest.

§. 71. (Entdeckung der älteren Asteroiden.) Wie beinahe in allen wichtigen Wendepunkten der Geschichte der Wissenschaften, geht auch der Entdeckung der Asteroiden ein allgemeines Drängen auf dieses Ziel voran, und wenn man gleich hier nicht sagen kann, dass dieses Drängen unmittelbar zum Ziele führte, denn die im Jahre 1800 eben begonnenen systematischen Bemühungen in dieser Richtung wurden vom Zufalle überflügelt, so muss man doch gestehen, dass die Frucht jahrelanger Betrachtungen und Ueberlegungen gerade reif geworden und wahrscheinlich in weit reicherem Masse gepflückt worden wäre, wenn Piazzi durch seine Entdeckung der Ceres nicht, wenigstens für eine kurze Zeit, zu der irrigen Ansicht gebracht hätte, nun sei weiter nichts zu suchen; man hatte nämlich seit Kepler zwar auf jenen grossen Zwischenraum im Planetensystem aufmerksam gemacht, und in den letzten vierzig Jahren des vorigen Jahrhunderts waren verschiedene Astronomen: Titius, Lambert, Zach, Wurm, Bode u. A. darauf zurückgekommen, hatten aber immer nur von einem Planeten gesprochen, der dort noch zu vermuthen wäre. Piazzi war seit geraumer Zeit mit einer Berichtigung der damaligen Sternverzeichnisse beschäftigt, und beobachtete zu diesem Behufe jeden heiteren Abend viele Fixsterne. Den 1. Jänner 1801, als er des Abends gegen 9 Uhr eben den im La Caille'schen Kataloge mit Nro. 87 bezeichneten Stern des Stieres aufsuchte, erblickte er einen anderen, kleinen Stern, der westlich von jenem stand. Er beobachtete beide vermeintliche Fixsterne und taxirte den kleineren 8. Grösse, ohne irgend weiteren Argwohn zu schöpfen. Piazzi's löbliche Gewohnheit, jede erhaltene Position mehrere Male zu bestimmen, führte ihn am folgenden Abende auf dieselben beiden Sterne, und es zeigte sich, dass weder die Gerade Aufsteigung noch die Abweichung des genannten Sternes mit der Beobachtung vom Tage vorher stimmte. Piazzi vermuthete anfangs einen Fehler in seinen Notirungen, fand aber am 3. Jänner, dass vom 2. auf den 3. eine ganz ähnliche Aenderung im Orte des neuen Gestirnes eingetreten war, wie vom 1. auf den 2., dass also dasselbe sich regelmässig bewege, eine Bemerkung, die sich durch die Beobachtung vom 4. Jänner bestätigte. Piazzi hätte nun gut gethan, seine Ent-

deckung sofort möglichst bekannt zu machen und zu Beobachtungen an anderen Orten aufzufordern. Obschon er in Palermo mit den nöthigen Hülfsmitteln zur möglichst langen Verfolgung des Planeten nicht versehen war, unterliess er leider solche Anzeige, wahrscheinlich um auch die Ehre der ersten Berechnung sich zu sichern, und gab erst am 24. Jänner an Bode in Berlin und Oriani in Mailand Nachricht von seinem Funde, die vermöge der damaligen Posteinrichtungen auf dem Continente erst nach etwa drei Monaten den Adressaten zuging. In Bezug auf die Natur des neuen Himmelskörpers schwankte Piazzi noch lange zwischen der Annahme eines eigenthümlichen, aller Nebelhülle baren Kometen und eines kleinen Planeten, während Bode sogleich «die Erscheinung und Bewegung dieses angeblichen Kometen gewaltig auffallend» fand, und unmittelbar nach Empfang von Piazzi's erster Meldung um die Mitte April in einem Briefe an Zach äusserte, dass die mitgetheilten Beobachtungen auf den längst geahnten Planeten zwischen Mars und Jupiter hindeuteten. Zach pflichtete ihm bei und in ähnlicher Weise sprach sich Oriani aus. Der Planet war indessen der Sonne so nahe gerückt, dass man ihn auch an solchen Sternwarten, wo man sonst die Mittel besessen hätte, ihn ausser dem Meridian zu beobachten, nicht mehr wahrnehmen konnte, und man musste sich mit den Beobachtungen Piazzi's allein (1. Jänner bis 11. Februar) begnügen. Es begannen nun die Versuche, sich des neuen Himmelkörpers zu versichern, d. h. seine Bahn so genau zu berechnen, dass man gewiss sein konnte, ihn, sobald er aus den Strahlen der Sonne treten würde, wieder aufzufinden, was Piazzi mit vollem Rechte für keine so ganz leichte Sache erklärte. Einstweilen gab er dem Gestirne, über dessen Natur er noch immer im Zweifel war, für den Fall, dass es als ein bleibender Bewohner des Sonnensystems erkannt würde, den Namen «Ceres Ferdinandea» (das Epithet zu Ehren seines Königs), ein Vorschlag, gegen den sich später eine gewisse Opposition erhob von Seite Lalande's, der den neuen Planeten durchaus nach dem Entdecker genannt wissen wollte, und Laplace, der sogar Napoleon's Wunsch nach dem schon früher vom Herzog von Gotha für einen neuen Planeten vorgeschlagenen Namen Juno (mit Bezug auf die Nachbarschaft Jupiters) geltend machte. Zach, eine der angesehensten damaligen astronomischen Autoritäten, entschied sich aber für den Namen Ceres und gab dem neuen Planeten nach seiner Wiederauffindung das sehr passende, daher auch bald allgemein eingeführte Zeichen einer Sichel. An diese Wiederauffindung aber knüpft sich ein Ruhm weit gewichtigerer Art als selbst an die erste Entdeckung; denn diese war, wie wir oben gesehen haben, ein glücklicher Zufall gewesen, und in der That gründet sich Piazzi's bedeutender Name in der Wissenschaft auf ganz andere Verdienste, wenn gleich Ceres ihn eigentlich in aller Welt Mund gebracht. Die Wiederauffindung nämlich erforderte einen Geometer ersten Ranges, da die Lehre von der Bahnbestimmung eines Himmelskörpers damals noch sehr im Argen lag. Kepler hatte, von Tycho's Beobachtungen unterstützt, zuerst die Bahnelemente der Planeten zu bestimmen gesucht, aber sich dabei des grossen Vortheiles erfreut, dass ihm die Umlaufszeiten gegeben waren. Newton führte statt der Ellipse allgemein Kegelschnitte (Kreis, Ellipse, Parabel und Hyperbel) als mögliche Linien ein, und änderte den Ausdruck des dritten Kepler'schen Gesetzes so ab, dass er auch auf nicht

geschlossene Curven anwendbar wurde; dadurch unterwarf er die Kometen dem Calcul. Die Kürze der Bahnstücke, welche diese Gestirne uns sichtbar beschreiben, machte zwar grosse Schwierigkeiten, deren aber schon Newton und noch mehr seine Nachfolger Herr wurden. Indess war der Fortschritt, den man damit in der Theorie machte, so gross nicht, als er schien, denn auch bei parabolischen Bahnen nahm man ein Element als bekannt an, indem man die grosse Axe der Bahn unendlich gross setzte. Die Parabel war zwar eine sehr unwahrscheinliche Linie, weil ein ganz bestimmtes, in aller Strenge nicht zu erhaltendes Verhältniss zwischen Wurf- und Anziehungskraft dazu gehörte (Abth. III.), aber die grosse Excentricität der Bahnen, die kurzen, in der Nähe der Perihelien liegenden Stücke derselben, welche man beobachtet hatte, und die noch sehr grossen Beobachtungsfehler machten es möglich, die Parabel mit der Ellipse zu verwechseln. Der grosse Komet von 1759, der von seinem Berechner den Namen des Halley'schen erhielt, machte hiervon eine Ausnahme, allein auch hier wurde die Ellipse aus früheren Erscheinungen, also mit bekannter Umlaufszeit bestimmt. Einzelne Versuche, von der Parabel, die man einer ersten Bahnbestimmung zu Grunde gelegt, auf die Bahn überzugehen, in welcher der Himmelskörper sich eigentlich bewegt, blieben, mit einziger Ausnahme etwa des Kometen von 1770, fruchtlos, weil sie nur für geringe Abweichungen beider Linien von einander gültig waren. Bei Uranus (1781) zeigte sich die Unvereinbarkeit mit der Parabel zwar sogleich sehr auffallend, aber man nahm die Bahn zuerst kreisförmig an und konnte, da dieselbe in der That nur sehr wenig excentrisch ist, die Ellipse leicht daraus ableiten. Seine bedeutende Lichtstärke, langsame Bewegung, die geringe Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik erleichterten dessen Wiederauffindung nach der Conjunction mit der Sonne. An das eigentliche, durch die Entdeckung der Ceres sich mit Einem Male aufdrängende Problem: Bestimmung der Bahn ohne Voraussetzung irgend einer krummen Linie aus Beobachtungen, die nur wenige Tage umfassen, hatte sich bis zum Anfange des 19. Jahrhunderts Niemand gewagt, ja die Lösung dieser Aufgabe war von vielen Seiten für unmöglich gehalten. Man begreift unter solchen Umständen die ängstliche Spannung der damaligen Astronomen, die Furcht, dass der neue Fund ihnen unter den Händen entschlüpfen könnte. Der Weg, den Ceres während Piazzi's Beobachtungen beschrieben hatte, betrug kaum drei Grade; die alten Methoden reichten, das sah jeder Fachmann ein, nicht hin, das planetarische Atom wieder zu finden, das nach Jahresfrist den halben Himmel durchwandert haben musste. Zum Glück hatte sich einer der grössten Geister aller Jahrhunderte, Gauss, damals in Braunschweig und erst vierundzwanzig Jahre alt, aber als Verfasser der «Disquisitiones arithmeticae» bereits weltberühmt, schon früher mit dem Probleme beschäftigt, und hatte seine betreffenden Arbeiten nur eben zur Seite gelegt, weil es noch an einer Anwendung fehlte. Die Gelegenheit, seine Ideen zur Reife zu bringen und einer allen Zweifel hebenden Probe zu unterwerfen, konnte ihm nicht schöner geboten werden, als durch den eben entdeckten Planeten. Im Oktober 1801 ging er an die Rechnung und theilte bald darauf seine Resultate den Astronomen mit, ohne noch die Grundlage derselben bekannt zu geben. Die bis dahin unerhörte Uebereinstimmung der von ihm berechneten Bahn mit den erhaltenen Beobachtungen weckte gerechtes Vertrauen

wenigstens bei einigen einsichtsvollen, deutschen Collegen in den Ort, den er dem Himmelskörper für seine nächste Sichtbarkeit zuwies, und Zach war in der ersten Nacht (7. December), die sich zur Aufsuchung eignete, den Angaben von Gauss folgend, wirklich so glücklich, den Fremdling wieder aufzufinden.

Ceres bezeichnet bei weitem die wichtigste Phase in der Geschichte der Entdeckung dieser Planetengruppe, und wenn irgendwo konnte man hier sagen: «c'est le premier pas qui coute», nicht sowohl weil damit der erste Asteroid bekannt wurde, denn dass man die Kenntniss einer ganzen Klasse von Himmelskörpern angetreten hatte, ahnte damals niemand, und der Zufall hätte früher oder später sicherlich auf sie geführt, sondern hauptsächlich, weil Gauss uns bei dieser Gelegenheit gelehrt hatte, uns solcher Funde zu versichern, denn ohne diesen höchst wichtigen Fortschritt wären diese und alle folgenden ähnlichen Entdeckungen in der Gefahr gewesen, eben so schnell wieder verloren zu gehen, als sie gemacht waren. Er ist dadurch der eigentliche Urheber dieser Bereicherung unserer Kenntniss des Sonnensystemes geworden, ihm gebührt in Hinsicht auf Alles, was wir bisher von den Asteroiden wissen, die grösste Ehre, wie überall der Erhalter vor dem Mehrer des Reiches gefeiert werden sollte.

Gehen wir zur Pallas über, so muss vor Allem die Vorsicht auffallen, mit welcher der berühmte Olbers die Nachricht des Fundes brachte, den ihm ein glückliches Ungefähr verschafft hatte. Er beobachtete am 28. März 1802 die Ceres und bemerkte ganz in ihrer Nähe einen Stern 7. Grösse, von dem er sicherlich wusste, dass er in diesem ihm sehr wohlbekannten Theile des Himmels früher nicht vorhanden war. Der Stern gab sich bald als ein bewegliches Gestirn kund, aber obschon die Verhältnisse in jeder Beziehung denen ähnlich waren, in welchen Ceres zuerst gefunden wurde, mühten der Entdecker und nach ihm andere Astronomen sich wieder vielfach mit Vermuthungen über die Natur des neuen Gestirnes ab; die excessive Neigung der Bahn gegen die Ekliptik liess neuerdings an einen Kometen besonderer Art denken. Ein wahres Glück war es, dass Ceres bereits sicher bestimmt war, sonst hätte die Verwirrung noch dadurch steigen können, dass der zweite nun entdeckte Asteroid für eine Wiedererscheinung des ersten gehalten worden wäre. Es war wieder Gauss, der die Zweifel über die Natur des neuen Himmelskörpers zerstreute und zeigte, dass Pallas ein der Ceres ähnlicher Planet sei. Der Name wurde vom Entdecker gegeben und anfangs von anderen Astronomen das Epithet «Olbersiana» zugesetzt. Das Zeichen (eine Lanze) wurde von Zach vorgeschlagen.

Die Entdeckung der Pallas war massgebend für die Ansichten, die man bisher über die Lücke des Planetensystemes zwischen Mars und Jupiter gehegt. Während man früher einen Himmelskörper dort vermuthete, drängte sich nun der Gedanke auf, dass vielleicht ihrer noch einige zu finden seien. W. Herschel, der von sonderbaren Ideen über das Wesen der neuen Gestirne sich nicht losmachen konnte und dieselben durchaus für keine eigentlichen Planeten, sondern für ein Mittelding zwischen Kometen und Planeten gehalten wissen wollte, schlug Sammelnamen für sie vor: zuerst Aorates, weil man dieselben mit freiem Auge nicht sehen konnte, dann Asteroiden, ihres fixsternähnlichen Aussehens wegen. Letztere Bezeichnung, bald auch den Sternschnuppen

gegeben, fand ziemlich allgemeinen Eingang, obschon sie eben so wenig als andere, später in Antrag gebrachte Namen (Planetoiden, Coplaneten, Gruppenplaneten, Kleine Planeten) das einzige wirklich unterscheidende Merkmal dieser Himmelskörper, die Stellung zwischen Mars und Jupiter hervorhebt. Das Wort Zenareïden würde dieser Forderung entsprechen, und dieser oder ein ähnlicher Collectivname wird kaum zu vermeiden sein, wenn sich dergleichen Gruppen von Planeten in anderen Gegenden des Sonnensystemes finden, z. B. die Vermuthungen intramerkurieller Planeten bestätigen sollten.

Die Aehnlichkeit der Bahnen von Ceres und Pallas, sowie der Umstand, dass beide Curven in einer gewissen Gegend einander sehr nahe kommen, leitete Olbers auf die gewiss scharfsinnige Idee, dass man hier vielleicht Trümmer eines grösseren Planeten vor sich habe. Was man von dieser Ansicht auch denken mag, jedenfalls hatte sie den Nutzen, zu weiteren Nachsuchungen anzuregen. Es war zunächst Harding, damals k. Observator an der ursprünglich privaten Sternwarte des Oberamtmanns Schröter in Lilienthal bei Bremen, der es sich angelegen sein liess, durch Anfertigung genauer Sternkarten den Weg zu betreten, welcher seitdem, wenn gleich vielfach modificirt, doch im Wesentlichen beibehalten, so reiche Früchte gebracht hat. Man durfte es nun nicht mehr einen blossen Zufall nennen, wenn er am 1. Septbr. 1804 bei Vergleichung seiner Karten mit dem Himmel in den Fischen einen Stern 7. bis 8. Grösse auffand, den er früher nicht bemerkt hatte, und bald als einen neuen Planeten, den dritten der Gruppe zwischen Mars und Jupiter, erkannte, dessen Bahn in auffallender Uebereinstimmung mit Olbers' Hypothese die Ebene der Ceresbahn nicht weit von dem Orte kreuzte, wo auch die Pallasbahn der Bahn der Ceres sich näherte — ein Umstand, der natürlich dazu beitrug, der Olbers'schen Idee Eingang zu verschaffen. Bei der Wahl des Namens liess der Entdecker den schon vor Entdeckung irgend eines dieser Planeten im Vorhinein gemachten Vorschlag des Herzogs Ernst von Gotha (Hera) zur Geltung kommen und nannte den neuen Planeten Juno, als Zeichen bestimmte er einen Scepter mit einem Sterne an dessen Spitze. Gauss lieferte wieder die Berechnung der Bahn, zum allgemeinen Erstaunen schon aus den ersten, kaum vierzehn Tage umfassenden Beobachtungen mit ausserordentlicher Genauigkeit.

Durch die Bestätigung, die Juno der Olbers'schen Hypothese gebracht hatte, fasste diese besonders bei ihrem Urheber tiefere Wurzeln, als es, wie man freilich jetzt erst zu beurtheilen im Stande ist, der Sache förderlich war. Er ging nun von der Ansicht aus, dass alle noch künftig zu entdeckenden Himmelskörper dieser Gruppe wie die drei bis dahin entdeckten einmal in ihrem Umlaufe um die Sonne durch die Sternbilder der Jungfrau und des Walfisches gehen müssten, was keineswegs der Fall ist und ihm so wie anderen Astronomen Schranken der Nachforschung setzte, welche die Chancen eines glücklichen Erfolges nothwendigerweise sehr verringern mussten. Indess fand Olbers selbst am 29. März 1807 in dem erstgenannten Sternbilde einen neuen Planeten, der sich zufällig jenen Ansichten noch erträglich fügte und auf des Entdeckers Aufforderung den Namen Vesta so wie das Zeichen (Altar und Flamme) von Gauss erhielt. Dieser hatte wieder in ungemein kurzer Zeit die Bahn bestimmt, und veröffentlichte bald darauf in sei-

nem unsterblichen Werke: «Theoria motus corporum coelestium» seine trefflichen Methoden vollständig. War dieses Grundbuch der heutigen Astronomie schon grösstentheils durch die Asteroiden veranlasst, so verdankte es überdiess diesen Entdeckungen die Leichtigkeit, mit der es überall Eingang fand, und das Vertrauen, mit dem man sich an das schwierige Studium desselben allenthalben machte, denn die darin aufgestellten Sätze hatten bereits durch vier neue Planeten eine wahre Feuerprobe bestanden.

§. 72. (Neuere Entdeckungen von Asteroiden.) Bedenkt man, dass es allgemein bekannt war, wie Harding und Olbers den Himmel Jahre lang auf das Sorgfältigste durchsucht hatten, ohne andere als die eben besprochenen Planeten zu finden, so darf es nicht Wunder nehmen, wenn sich nach und nach die Meinung festsetzte, es gäbe weiter kein solches Gestirn; hatte doch Olbers mit aller Bestimmtheit erklärt, zwischen den Jahren 1808 und 1816 sei kein neuer Planet in der für solche Nachsuchungen von ihm hervorgehobenen Gegend zu sehen gewesen. Es folgte denn auch ein langer Zeitraum, in welchem man das Aufsuchen neuer Planeten ganz aufgegeben hatte, und erst die von Bessel zum Theil zu solchem Behufe, wie wir sogleich sehen werden, mit glänzendem Erfolge vorgeschlagenen genauen Sternkarten des Aequators, welche die Berliner Akademie im Jahre 1825 herauszugeben unternahm, richteten die Aufmerksamkeit wieder auf diese verhältnissmässig leichte Art, sich einen bleibenden Namen in der Wissenschaft zu erwerben. Die gleichzeitige Verbreitung guter Fernröhre erlaubte weit kleinere Sterne als früher in den Bereich der Untersuchung zu ziehen, und trug dazu bei, solche Forschungen zu einem auch den Dilettanten völlig zugänglichen Gemeingute zu machen. Ein eifriger Liebhaber der Astronomie, Herr Hencke in Driesen, den Prof. Encke aufgefordert hatte, von einzelnen Theilen des Himmels reichhaltige Sternkarten anzufertigen und von Zeit zu Zeit mit dem Himmel zu vergleichen, eröffnete so nach fünfzehnjährigen Bemühungen und mit Hülfe eines Blattes der Berliner Karte im Jahre 1845 wieder die Laufbahn durch die Entdeckung der Asträa, die Namen und Zeichen (einen Anker, wohl mit Anspielung auf die Hoffnung, diesem Funde bald weitere folgen zu sehen) von Encke erhielt. Nachdem im darauf folgenden Jahre 1846 in ganz anderer Sphäre die berühmte Entdeckung des Neptun erfolgt war, fand wieder Hencke noch nicht zwei Jahre nach seinem ersten Funde, wieder mittelst einer Berliner Karte, die Hebe, welche Namen und Zeichen (Becher) von Gauss erhielt.

Es war diess so ziemlich die letzte überraschende Entdeckung dieser Art, denn als Hind, damals Astronom an der Privatsternwarte des Hrn. Bishop in London, wenige Wochen später mit der nächsten Auffindung eines neuen Planeten, der von ihm selbst mit Namen und Zeichen (Stern unter einem Regenbogen, vom Horizonte begrenzt) versehenen Iris auftrat, wurde die Durchmusterung des Himmels zu solchem Behufe zunächst von Hind selbst, der diesen Fund wieder einer Berliner Karte verdankte, in so grossartiger Weise unternommen, dass von nun an ein Jahr ohne neuen Planeten eine Ausnahme gewesen wäre, die sich bisher denn auch nicht ereignet hat. Hind und Valz, Direktor der k. Sternwarte zu Marseille, hatten nahezu gleichzeitig den glücklichen Gedanken, dass es zu ähnlichen Zwecken nicht erforderlich sei,

Gürtel von bedeutender Breite (die Berliner Karten umfassten 30° Deklination) in Karten verzeichnet zu haben, sondern dass, da jeder um die Sonne kreisende Himmelskörper zweimal während eines seiner Umläufe, z. B. durch die Ebene der Sonnenbahn, die sogenannte Ekliptik, geht, es vollkommen hinreicht, diejenigen Fixsterne zu kennen, welche in der Ekliptik und in geringer Entfernung nördlich oder südlich von dieser Ebene stehen, um durch eine beständige Ueberwachung dieser schmalen, daher leicht zu durchforschenden Zone nach und nach alle bisher unbekannten Planeten aufzufinden. Der geringe Umfang der betreffenden Karten liess es zu, alle durch mässige Fernröhre irgend sichtbaren Sterne in Berücksichtigung zu nehmen und so die Wahrscheinlichkeit auf neue Himmelskörper zu stossen, bedeutend zu erhöhen. Hind führte zuerst solche Karten aus, und wählte dazu die Gegend der Ekliptik, die, wenn gleich jedem grössten Kreise der Himmelskugel obige Eigenschaft zukommt, allerdings den Vortheil hat, dass Planeten, wofern sie nicht ausserordentlich gegen diese Ebene geneigte Bahnen haben, bei ihrem Durchgange durch dieselbe sich länger in der mappirten Zone aufhalten. Die Richtigkeit dieses Vorgehens sollte Hind bald durch zahlreiche Entdeckungen bethätigen, begnügte sich aber einstweilen und bis zur Vollendung seiner eigenen mit der Ergänzung der Berliner Karten, was ihn schon zwei Monate nach der Entdeckung der Iris auf Flora führte, deren Name schon im Voraus und in Erwartung einer baldigen weiteren Bereicherung des Planetensystemes von Sir John Herschel vorgeschlagen war, der nun auch das Zeichen (eine Blume) bestimmte. Dieses Zeichen, obschon an sich ohne Widerspruch angenommen, war zu complicirt, um, wie die bisher gewählten, als Abkürzung in der Schrift zu dienen und regte die ersten Zweifel gegen den Gebrauch solcher Zeichen überhaupt an, der kurz darauf ganz aufgegeben wurde.

Die zunächst aufgefundene Metis erhielt das Zeichen (Aug und Stern) so wie den Namen, bekanntlich so zu sagen der Mutter Minervens, vom Entdecker Graham zu Ehren des klugen Rathes des Besitzers Cooper der Sternwarte zu Markree Castle, an welcher Herr Graham als Observator beschäftigt war; dieser Rath hatte den Entdecker nämlich nach wenigen Wochen auf den neuen Himmelskörper geführt.

Hygiea wurde durch Vergleichung einer Berliner akademischen Sternkarte mit dem Himmel gefunden und führte uns in der Person des Herrn de Gasparis, damals Assistent an der k. Sternwarte zu Neapel, einen neuen Entdecker vor. Capocci, der Vorsteher der genannten Anstalt, gab den, zuerst wieder mit einem Epithet (Borbonica) versehenen Namen und das Zeichen (Stab und Schlange). Demselben Entdecker gelang nach Jahresfrist die Auffindung der Parthenope, die Namen und Zeichen (Fisch und Stern) nach einer Aeusserung von Sir John Herschel erhielt, wonach man in dem Namen wo möglich die Oertlichkeit der Entdeckung andeuten sollte, wesshalb Herschel schon für Hygiea den Namen Parthenope vorgeschlagen hatte.

Victoria, Hind's dritter Planet, wurde nach kaum dreistündiger Vergleichung des Himmels mit einer Berliner Karte aufgefunden und von Bishop und Hind mit Namen und einem schon nie recht in Gebrauch gekommenen weil viel zu verwickelten Zeichen (Lorbeerkranz und Stern) versehen. Die amerikanischen Astronomen machten gegen diesen Namen Opposition und schlugen Clio vor, ohne jedoch durchzudringen;

in der That konnte der Name Victoria eben so gut einer Göttin des Alterthums als der Königin Victoria von England gelten.

Den nächsten Fund, Egeria, verdankte der Entdecker de Gasparis den nun auch von ihm schon angefertigten ekliptischen Karten. Le Verrier wählte den Namen nach Herschel's Grundsatz; die Bestimmung eines Zeichens unterblieb zum ersten Male ganz.

Irene war der erste Asteroid, der, ein Beweis der vielseitigen eifrigen Forschung, von zwei Astronomen kurz nach einander entdeckt wurde: Hind fand ihn am 19., de Gasparis am 23. Mai auf. Sir John Herschel taufte ihn und gab wieder kein Zeichen. Eunomia erhielt Namen und Zeichen (Herz und Stern) vom Entdecker de Gasparis, der, wenn wir nicht irren, seine Loyalität damit bekunden wollte. Psyche wurde ebenfalls von de Gasparis aufgefunden und vom Entdecker getauft ohne Zeichen. Hind war diesem Planeten seit 25. Jänner, also drei Monate vor dessen eigentlicher Entdeckung auf der Spur, indem er an diesem Tage einen Stern 11. Grösse auf die Karte gebracht hatte, den er, als er am 18. März den ersten Abdruck seiner Zeichnung erhielt und mit dem Himmel verglich, nicht wieder fand; am 20. März, bis zu welchem Tage ihn trübes Wetter am Beobachten verhindert hatte, stiess er auf einen Stern 11. Grösse an einer Stelle des Himmels, wo er früher keinen solchen gesehen. Er wollte nur noch die finsteren Nächte des Neumondes abwarten, um seine Untersuchung fortzusetzen, als er die Nachricht erhielt, dass de Gasparis ihn überholt hatte. So fingen auch solche bis dahin unerhörte Beispiele nahe gleichzeitiger Entdeckungen neuer Planeten sich zu häufen an.

Thetis, nahe an Flora aufgefunden, macht uns wieder mit einem neuen Planeten-Entdecker ex professo bekannt: Luther, Vorsteher der von Benzenberg in Bilk bei Düsseldorf gegründeten, und durch Vermächtniss des Besitzers an die letztgenannte Stadt übergegangenen Sternwarte. Name (leider bereits bei einem Satelliten des Saturn in Anwendung) und Zeichen (griechisch Theta, einem Delphine ähnlich, und Stern) rühren von Argelander, Director der k. Sternwarte in Bonn. Von nun an kommen die Versuche, besondere Symbole festzusetzen, nur noch vereinzelt vor, denn in dem Jahre der beiden letztgenannten Entdeckungen (1852), das an solchen Funden reich wie bisher kein anderes war, drängte sich die Nothwendigkeit einer zweckmässigeren Bezeichnung mehr als je auf. Amerikanische Astronomen machten den praktischen Vorschlag, die in einen Kreis eingeschlossene Nummer der chronologischen Reihe der Entdeckungen als Zeichen zu wählen, was bald allgemein angenommen wurde. Encke begann in seinem Jahrbuch mit dieser Zählung anfangs bei Asträa, bequemte sich aber später so wie alle anderen Astronomen dazu, den älteren Asteroiden (Ceres, Pallas, Juno und Vesta) die ersten vier Nummern zu geben und somit bei Asträa 5 u. s. f. zu zählen.

Melpomene, Hind's fünfter Planet, wurde von dem k. Astronomen zu Greenwich, G. B. Airy, Fortuna vom Entdecker Hind selbst getauft, der diesen Himmelskörper während der Anfertigung seiner Karten fand. Von Massalia hatte Chacornac schon am 9. September 1852 einen Ort in die ekliptischen Karten, die er damals unter Valz' Leitung in Marseille begonnen und später an der Pariser Sternwarte fortsetzte, eingetragen und den Stern als Planeten am 20. September erkannt, so

dass de Gasparis ihn nur um einen Tag überholte. Valz hatte, bevor er noch von de Gasparis' Entdeckung wusste, nach Herschel's Grundsatze den Namen Massalia vorgeschlagen, den de Gasparis auch annahm, obschon er bereits einen anderen Namen, nämlich Themis, gewählt hatte.

Lutetia ist der erste Fund eines Liebhabers der Sternkunde, Hrn. H. Goldschmidt in Paris, der, seines Zeichens eigentlich Historienmaler, von nun an uns fast alljährlich mit mehreren neuen Asteroiden beschenkte. Den Namen erhielt dieser Planet, wieder nach Herschel's Grundsatz, von Arago. Die Nacht nach der Entdeckung der Lutetia wurde Calliope aufgefunden, die ihren Namen von J. C. Adams erhielt, dem Mitentdecker des Neptun, damals Präsident der k. astronomischen Societät zu London. Es war diess der erste Planet, den Hind vorsätzlich mittelst seiner eigenen Karten fand. Thalia wurde von Bishop benannt; der Entdecker Hind stellte, als er Bishop's Vorschlag des Namens ankündigte, vorsichtshalber die nun schon ganz erklärliche Bedingung: «wenn er der erste Entdecker sei.» Themis erhielt den Namen, den der Entdecker de Gasparis schon für Massalia vorgeschlagen hatte, von Secchi, Director der Sternwarte am Collegio Romano zu Rom. Chacornac hatte diesen Planeten bereits am 8. April 1853 in seine Karte als Stern eingetragen, bei der Revision am 15. vermisst, aber erst nach dem Eintreffen der Nachricht von der in Neapel am 5. April gelungenen Entdeckung in jenem Sterne einen Asteroiden constatirt. Wieder wie Calliope in der Nacht nach Entdeckung der Lutetia, wurde auch Phocäa in der Nacht nach der Entdeckung der Themis aufgefunden. Mit Phocä tritt Chacornac in die Reihe der eigentlichen Entdecker, nachdem er bei früheren Funden schon zweimal von Anderen überholt war; den Namen gab diesem Planeten Valz nach Herschel's Grundsatz.

Proserpina, von Luther aufgefunden, wurde von A. v. Humboldt getauft und erhielt ausnahmweise wieder ein Symbol (Granatapfel und Stern). Euterpe ist, wenn wir nicht irren, vom Entdecker Hind benannt. Bellona erhielt Namen und Zeichen (Spiess und Geissel) zum Andenken der kriegerischen Zeit, in welche die Entdeckung fiel, von Encke.

Amphitrite bietet mit Bellona das erste Beispiel von zwei in einer Nacht durch verschiedene Entdecker gefundenen Planeten, so dass man nun schon der Stunde des Auffindens bedurfte, um über die Priorität der Entdeckung, so wie über die chronologische Reihe und das damit verbundene Zeichen zu entscheiden. Marth fand übrigens diesen Asteroiden an Bishop's Sternwarte auf Grundlage der Hind'schen Vorarbeiten. Bishop gab den Namen. Amphitrite zeichnet sich noch dadurch aus, dass sie unabhängig vom ersten Entdecker und nur einen Tag später durch Norman Pogson in Oxford, der ebenfalls Sternkarten zu solchem Behufe entworfen, ja ein drittes Mal von Chacornac, nun Gehilfe an der Sternwarte in Paris, am 3. März 1854 aufgefunden ist.

Urania wurde von Professor de Morgan in London getauft. Chacornac hatte schon am 19. Juli 1854 den Planeten auf seine Karte gebracht, aber erst nach Hind's Anzeige als solchen erkannt.

Zur Abwechslung von den früheren, durch absichtliches Suchen her-

beigeführten Funden und trotz der allseitigen Aufmerksamkeit folgt in Euphrosyne wieder einmal eine zufällige Entdeckung, die dem Astronomen der Washingtoner Nationalsternwarte Ferguson glückte: er wollte eben die Egeria beobachten, fand aber dort, wo sie stehen sollte, zwei einander so nahe Sterne, dass er in Zweifel gerieth, welcher von beiden der Planet sei, bestimmte desshalb die Position des einen wie des andern, und fand Tags darauf, dass beide Gestirne Planeten, nämlich Egeria und ein neuer Asteroid seien. Diess ist der erste Beitrag zu planetarischen Entdeckungen aus Amerika.

Pomona erhielt den Namen von Le Verrier. Zwei Tage nach Goldschmidt's Entdeckung fand Chacornac, dass ein am 26. September, also einen Monat vor der Auffindung dieses Asteroiden, in seine Karten gebrachter Stern fehle; es war Pomona. Polyhymnia wurde von Le Verrier benannt, Circe erhielt den Namen durch die Pariser Sternwarte, beide sind von Chacornac entdeckt.

Leucothea, von Luther aufgefunden, wurde mit Namen so wie Zeichen (Leuchtthurm) von Peters, Direktor der Sternwarte zu Altona, und C. Rümker, Vorsteher des Hamburger Observatoriums, versehen. Bei Leucothea tritt übrigens zum ersten Male die Merkwürdigkeit ein, dass in Folge der Ueberbürdung mit zeitraubenden Berechnungen und Beobachtungen neuer Himmelskörper die Astronomen mit den Entdeckern, denen bei weitem der leichtere Theil zugefallen war, nicht Schritt halten konnten, und von nun an öfter Gefahr vorhanden ist, einen kaum gefundenen Planeten wieder zu verlieren, wie diess freilich aus ganz anderen Gründen bei dem Erstlinge Ceres der Fall gewesen. Die Wiederauffindung wird so zuweilen wieder ein besonderes Verdienst, da bei der Unbestimmtheit des Ortes, wo der Planet nach seiner Zusammenkunft mit der Sonne sich aufhalten soll, ein grosser Fleck des Himmels zu durchforschen ist; bei Leucothea wird desshalb ausdrücklich erwähnt, dass Breen, Astronom an der Cambridger Sternwarte, diesen Asteroiden bei seiner zweiten Sichtbarkeit wieder auffand. Aehnliche Schwierigkeiten, wenn gleich in weit geringerem Masse, hatten sich übrigens auch schon bei Circe gezeigt.

Atalante, ein weiterer Fund Goldschmidt's, wurde von Le Verrier getauft. Fides, eine Stunde nach Atalante von Luther entdeckt, erhielt Namen und Zeichen (Kreuz) vom Gemeinderathe der Stadt Düsseldorf, wohl mit Anspielung auf Treue und Glaubensfestigkeit. Es ist diess bisher der letzte Versuch, den früheren Gebrauch besonderer Symbole wieder in Gang zu bringen.

Leda (Entd. Chacornac) ist von Le Verrier benannt, so wie Lätitia (Entd. Chacornac) und Harmonia (Entd. Goldschmidt), die beiden letzten mit Hindeutung auf die fröhlichen und friedlichen Aussichten in die Zukunft, welche im Frühjahre 1856 Europa erfreuten. Leda wurde bei ihrer zweiten Erscheinung nicht wahrgenommen, und erst in ihrer dritten Sichtbarkeit von Förster wieder gefunden.

Daphne, ebenfalls von Le Verrier benannt, konnte nach ihrer Entdeckung durch Goldschmidt bloss an vier Tagen in Marseille, Berlin und Wien genau beobachtet werden, und veranlasste den Berechner der Bahn dieses Planeten, Hrn. Pape, damals Observator an der Sternwarte zu Altona, zu der diese Periode unserer Wissenschaft charakterisirenden Aufforderung, man möge in den Entdeckungen wenigstens

eine mehrjährige Pause eintreten lassen, ein Wunsch, der durch die Fülle des von Jahr zu Jahr schwerer zu bewältigenden Stoffes für Beobachtung und Rechnung sehr wohl motivirt war, aber aus eben so begreiflichen Ursachen unbeachtet blieb. In diese Zeit fiel auch Maury's Vorschlag, die Beobachtungen der neuen Himmelskörper unter die verschiedenen Astronomen zu vertheilen, was wohl eine Weile versucht, aber, wie bei solchen vielköpfigen Unternehmungen gewöhnlich, bald wieder aufgegeben wurde.

Die spärlichen Beobachtungen von Daphne in ihrer ersten Erscheinung reichten zu sicherer Bahnbestimmung nicht hin: der Planet wurde sechs Jahre hindurch nicht wieder gesehen. Zwar hielt Goldschmidt ein bewegliches Gestirn, welches er den 9. September 1857 nahe an dem Orte, wo Daphne bei ihrer ersten Wiederkunft zu erwarten war, bemerkt hatte, und das auf seine Anzeige an verschiedenen Sternwarten beobachtet wurde, für diesen Asteroiden, allein E. Schubert, vom Detroit Observatory in Ann Arbour (Michigan), fand später bei näherer Untersuchung der Beobachtungen, dass beide Planeten keineswegs identisch seien. Der so gefundene neue Asteroid wurde einstweilen von Goldschmidt Pseudo-Daphne, und als Goldschmidt, nachdem auch dieser Planet mehrere Jahre nicht gesehen war, denselben am 27. August 1861 neuerdings auffand, von Schubert definitiv Melete getauft. Am 31. August 1862 endlich constatirte Luther in einem anfangs für neu gehaltenen Asteroiden, ganz nahe an der damals eben entdeckten Galatea, die lang vermisste Daphne.

Isis, nur einen Tag nach Daphne von Pogson entdeckt, erhielt ihren Namen von Prof. Manuel J. Johnson, Director des Radcliffe-Observatoriums zu Oxford. Ariadne ist, so viel wir wissen, vom Entdecker Pogson benannt, Nysa (Entd. Goldschmidt) von A. v. Humboldt, Eugenia vom Entdecker Goldschmidt mit ausdrücklicher Erlaubniss der Kaiserin der Franzosen, das erste Beispiel eines Namens für Planeten, ohne Beziehung auf das klassische Alterthum.

Hestia wurde vom Entdecker Pogson getauft, der vergessen zu haben scheint, dass wir an Vesta bereits eine Hestia besitzen. Es ist wieder bezeichnend für die nunmehr übliche Häufigkeit solcher Funde, dass der letztgenannte Planet vom Entdecker mit Vorsicht angekündigt wurde, da es zweifelhaft war: ob der beobachtete Himmelskörper nicht etwa nur die bis dahin noch nicht wieder aufgefundene Daphne sei. Aglaja (Entd. Luther) wurde von der philosophischen Fakultät der k. Friedrich-Wilhelm-Universität zu Bonn getauft.

Doris und Pales geben das erste Beispiel zweier in derselben Nacht von demselben Beobachter, Goldschmidt, nahe an derselben Stelle entdeckten Planeten; Pales wurde von Babinet, Doris von E. de Beaumont benannt, welcher letztere für beide Planeten zusammen die Bezeichnung «les Jumelles» vorschlug, ohne übrigens damit Eingang zu finden. Hind machte bei Gelegenheit der beiden zuletzt aufgeführten Asteroiden mit Recht darauf aufmerksam, wie unzweckmässig es sei, so ähnlich klingende Namen, wie: Thetis und Themis, Lutetia und Lätitia, Iris und Isis, Vesta und Hestia, Pallas und Pales zu wählen, leider ohne damit Beachtung zu finden, wie z. B. die neuesten Namen: Freia, Frigga zeigen.

Virginia, am 19. Oktober 1857 unabhängig vom ersten Entdecker

Ferguson durch Luther in Bilk aufgefunden, wurde von jenem, offenbar nach Herschel's Grundsatz, benannt.

Nemausa, wieder nach diesem Grundsatze von Valz getauft, ist die erste Frucht einer neuen Art von Sternkarten solchen Zweckes, die Valz vorgeschlagen und an seiner Privatsternwarte zu Nismes durch den Astronomischen Dilettanten Laurent ausführen liess. Es beschränken sich diese Karten nämlich auf wenige Grade nördlich und südlich von der Ekliptik in der Gegend der Aequinoctien, welche im Allgemeinen von Asteroiden bei jedem Umlaufe um die Sonne ebenfalls durchwandert wird, und den grossen Vortheil hat, verhältnissmässig sternarm zu sein, so dass jede Veränderuug leichter auffällt, während die Karten aus demselben Grunde und ihrer geringen Ausdehnung wegen schnell angefertigt sind.

Europa (Entd. Goldschmidt) erhielt ihren Namen von Marschall Vaillant, Calypso (Entd. Luther) von Schönfeld, damals Astronom an der Bonner Sternwarte. Von letzterem Planeten gingen einige Erscheinungen vorüber, ohne dass man denselben gesehen hätte, bis es endlich 1862 wieder Luther gelang, seinen Fund durch weitere Beobachtungen zu sichern.

Alexandra, mit diesem Namen Humboldt zu Ehren von Moigno belegt, und Pandora, in Anspielung auf die damalige politische Lage, besonders in Amerika, von Mistress Dudley so getauft, die durch ein Geschenk von 800,000 Francs die prächtige Sternwarte zu Albany begründen half, wurden an demselben Tage, jene von Goldschmidt, diese von Searle in Albany gefunden. Pandora zählte eine Weile zu den verlorenen Asteroiden, und wurde erst im J. 1863 wieder aufgefunden.

Mnemosyne und Concordia, beide von Luther entdeckt, erhielten ihre Namen beziehungsweise von Prof. Hoek in Utrecht und Prof. Bruhns in Leipzig. Die letztere wohl mit Bezug auf die unerwarteten Friedensaussichten, deren Europa sich damals erfreute. Concordia wurde erst im J. 1864 wieder gesehen.

Danaë, Goldschmidt's zwölfter Fund dieser Art, erhielt ihren Namen von Luther. Dieser Planet bietet durch die extremen Lagen, welche er nach Oeltzen's Untersuchungen gegen den Aequator der Erde einnehmen kann, besonderes Interesse. Wenn Danaë um die Mitte des Winters in Opposition tritt, so wird sie für unsere geographischen Breiten circumpolar, während sie, im Falle ihre Opposition um die Mitte des Sommers sich ereignet, für uns nicht aufgeht — Verhältnisse, die bisher bei keinem Planeten vorkamen.

Der beinahe gleichzeitig mit Danaë von Chacornac entdeckte Planet erhielt zwei Jahre hindurch, obschon mehrere später aufgefundene Asteroiden längst getauft waren, keinen Namen, aus Grund besonderer Ansichten der Pariser Astronomen, die an der Nützlichkeit solcher Taufen zweifelten und eine Bezeichnung durch die chronologische Ziffer der Entdeckung, verbunden mit dem Namen des Entdeckers, so wie vielleicht einer Andeutung der mittleren Entfernung von der Sonne in Vorschlag brachten, ohne damit Eingang zu finden, wie denn in der That bei der oft lange Zeit hindnrch schwankenden Bezeichnung durch Ziffern die bestimmten Namen allein vor Verwirrungen ohne Ende sichern. Um der Unbequemlichkeit, die jener Planet so bot, ein Ziel zu setzen, ersuchte Hr. E. Weiss, dem als erstem Berechner der Bahn nach astronomischem

Gebrauche solche Nothtaufe zustand, den Herausgeber dieses Werkes einen Namen zu wählen. Der in Anspielung eben auf die lange Erwartung einer Benennung gemachte Vorschlag: Elpis wurde von vielen Seiten sofort angenommen, während das Pariser Observatorium nun erst durch Hind in London den Planeten Olympia nennen liess. Welcher von beiden Namen sich eigentlich erhalten wird, ist noch nicht völlig entschieden, jedenfalls aber der Vortheil erreicht, dass jener Asteroid fortan nicht mehr durch seine Namenlosigkeit sich auszeichnet.

Förster und Lesser in Berlin hatten gleich nach erhaltener Anzeige der eben besprochenen Chacornac'schen Entdeckung sehr nahe an der Stelle des Himmels, welche der neue Planet einnehmen sollte, ein bewegliches Gestirn gefunden, das sie sehr begreiflich durch einige Tage in der Meinung beobachteten, sie hätten den Chacornac'schen Asteroiden vor sich. Es fiel ihnen allerdings die Abweichung auf, welche zwischen den von ihnen erhaltenen Positionen und einer von anderer Seite rührenden vorläufigen Berechnung der Bahn des Chacornac'schen Planeten stattfand; sie schoben diess aber indessen auf die Ungenauigkeit solcher erster Rechnungen, ohne noch die Sache näher zu untersuchen. So kam es, dass zuerst Luther in Bilk und beinahe gleichzeitig Hornstein in Wien, die den in Paris entdeckten Planeten verfolgten, die Berliner Astronomen aufmerksam machen konnten, dass diese einen vom Chacornac'schen ganz verschiedenen Asteroiden beobachtet hatten, der nun von Encke den Namen Erato erhielt. Spätere Rechnungen zeigten, dass Elpis und Erato an dem Tage der Entdeckung der ersteren einander eben so nahe gestanden, als zur Zeit der Auffindung der letzeren, dass also nur äussere Zufälligkeiten Chacornac gehindert hatten, beide Gestirne zugleich als Planeten zu erkennen. Uebrigens war diese wechselseitige Annäherung doch nur scheinbar oder optisch, d. h. dadurch hervorgerufen, dass diese zwei Planeten von der Erde aus gesehen, sich eben nahe auf derselben Linie befanden.

In derselben Woche, in welcher Danaë, Elpis und Erato entdeckt waren, fand Ferguson einen vierten neuen, von ihm Titania genannten Planeten, ein in der Geschichte dieser Entdeckungen nun schon nicht mehr unerhörter Fall, da das Jahr 1857 oder 1858 ein anderes Beispiel gleich schneller Bereicherung unserer Kenntniss der Planetenwelt bietet, je nachdem man Melete nach ihrer ersten Auffindung durch Goldschmidt oder nach ihrer Erkennung als neuer Planet durch Schubert dem einen oder dem anderen der genannten Jahre zuzählt. Der Name Titania übrigens wurde auf die Bemerkung, dass derselbe dem eines Saturnmondes (Titan) zu ähnlich, und dem eines Uranusmondes gleichlautend sei, von einigen Astronomen in Echo umgeändert, was folgerichtig zu gleichen Massregeln bei anderen bisher angenommenen Namen (Thetis, Hestia, Maja) führen müsste.

Die vier so rasch hinter einander geglückten Entdeckungen im September 1860 brachten einige Verwirrung in die Numerirung dieser Himmelskörper. Bisher hatte man sich bei der, jedem neuen Planeten beizulegenden Ziffer einfach an die chronologische Ordnung der Entdeckungen gehalten. Danach wäre die Reihenfolge jener vier Asteroiden gewesen: Danaë, Elpis, Erato, endlich Titania. Da aber die Entdeckung Chacornac's zuerst, dann die Auffindung der Danaë bekannt wurde, bevor

man in Europa von Ferguson's Fund erfuhr und zuletzt Erato erkannte, so war die Numerirung diessmal von Vielen, unter Anderen auch vom «Berliner Jahrbuch» nach dem Datum des Bekanntwerdens der Entdeckungen, nicht wie sonst nach dieser selbst vorgenommen worden. Eine dritte Version endlich ging von dem Datum der constatirten Entdeckung aus, nach welcher sich die Reihe: Elpis, Titania, Danaë, Erato ergäbe. Dieser Ansicht huldigten zuerst das Pariser Observatorium und die «astronomischen Nachrichten», und da diese Zählweise die meiste Aussicht auf allgemeine Annahme hat, so haben wir sie einstweilen auch hier adoptirt. Immerhin aber sind diese Collisionen ein Zeichen der ausserordentlichen Verhältnisse, in die wir auf diesem Gebiete getreten sind. Wer hätte noch vor zehn Jahren, als die Numerirung der Asteroiden nach der chronologischen Reihe der Entdeckungen vorgeschlagen wurde, geahnt, dass durch Anzeigen, die sich nur wenige Tage verzögern, oder durch entferntere Entdeckungsorte sich Unordnungen und Zweifel in dieser Bezeichnung ergeben würden!

Der nächste Fund, Ausonia, gelang de Gasparis mittelst einer Chacornac'schen Karte, und erhielt den Namen nach Herschel's Grundsatz von Capocci.

Die beiden zunächst uns bekannt gewordenen Asteroiden entdeckte in einem Zwischenraume weniger Tage und nahe an derselben Stelle des Himmels Tempel, ein gegenwärtig in Marseille sich aufhaltender deutscher Liebhaber der Wissenschaft, der sich zuerst durch Auffindung eines Kometen zu Venedig im J. 1859 um die Astronomie verdient gemacht hatte. Der erste seiner beiden Planetenfunde wurde von Valz zur Erinnerung an Zach's Observatorium auf Notre Dame des Anges bei Marseille Angelina, der zweite von Steinheil, offenbar in Anspielung auf den König von Baiern, Maximiliana genannt. Der letzte Name wurde als unklassisch vom «Berliner Jahrbuch» in Cybele umgewandelt, ein Schicksal, das mit gleichem Rechte die einstweilen unangefochtenen Namen: Angelina, Eugenia und Alexandra träfe. Angelina wurde übrigens in der nächsten Opposition (1862) nicht gesehen, und erst nach Hrn. Th. Oppolzer's Rechnungen im J. 1863 wieder aufgefunden.

Der nächste Fund gelang dem Astronomen H. P. Tuttle an der Sternwarte des Harvard College zu Cambridge (Massachusets), den wir so wie Hrn. Tempel bisher nur als Kometenentdecker kannten. Der neue Planet erhielt von Josiah Quincy, einem Gönner des genannten Observatoriums, den Namen Maja, eine nicht ganz glückliche Wahl, da ein Stern der Plejaden bereits ebenso heisst. Maja wurde bisher seit dem Jahre ihrer Entdeckung nicht wieder gesehen.

Nur eine Woche später fand Pogson, nun Director der Sternwarte zu Madras, wieder einen neuen Asteroiden, wahrscheinlich zufällig, während er Doris beobachtete, die sich ganz in der Nähe jenes Gestirnes befand. Der Entdecker gab ihm nach Herschel's Grundsatz den Namen der Oceanide Asia, in Anspielung auf den Umstand, dass diess der erste in dem gleichnamigen Welttheile aufgefundene Planet war. Die Zeit bis zum Bekanntwerden der Entdeckung in Europa hatte hingereicht zur Auffindung von drei anderen neuen Planeten, deren chronologische Numerirung nun durch Pogson's Fund eine Aenderung erfuhr.

Leto (Entd. Luther), der erste dieser drei nach Asia aufzufüh-

renden, obschon vor Asia in Europa gekannten Asteroiden, wurde von den Astronomen der Bonner Sternwarte: Argelander, Krüger und Tiele getauft, übrigens erst in der dritten Opposition wieder gefunden. An demselben Tage constatirte Schiaparelli an der Sternwarte der Brera in Mailand einen Stern, den er zuerst mit Ausonia verwechselt, als neuen Planeten, und nannte ihn nach Herschel's Grundsatz Hesperia. Nur sechs Tage später fand wieder Goldschmidt einen neuen Asteroiden, der von Main, Director der Sternwarte in Oxford, Panopea getauft wurde.

Niobe (Entd. Luther) erhielt den Namen vom Entdecker im Vereine mit mehreren anderen Astronomen, und war bei der zweiten Erscheinung selbst im südlichen Europa circumpolar, so dass also dieser Fall nicht mehr wie bisher bei Danaë einzig dasteht.

Feronia wurde anfangs von C. H. F. Peters, Astronom am Hamilton College zu Clinton (Staat New York), für Maja gehalten, bis Safford, vom Observatorium des Harvard College, zeigte, dass die von Peters beobachteten Positionen einem anderen, bisher unbekannten Planeten angehören. Der neue Asteroid erhielt von Safford und Peters den Namen Feronia nach der altitalischen Gottheit, in deren Tempel zu Präneste frei gelassenen Sklaven die symbolische Mütze zugesprochen wurde — also offenbar in Anspielung auf die heutigen Vorgänge in Nordamerika.

Klytia, am Harvard College von Tuttle entdeckt, erhielt von J. Ingersoll Bowditch diesen Namen einer Oceanide, die bekanntlich zur Strafe für ihren Verrath an Apollo ohne Speise und Trank gelassen und endlich in eine Sonnenblume verwandelt wurde, also wohl in Anspielung auf die Südstaaten, die dermaleinst sehnsüchtig nach dem Norden blicken sollen. Der Planet ist seit seinem Entdeckungsjahre bisher nicht wieder beobachtet worden.

Galatea, Tempel's dritter Planetenfund, wurde nach Aufforderung des Entdeckers vom Herausgeber dieses Werkes getauft.

Der 75ste Asteroid, zu Clinton von C. H. F. Peters entdeckt, dem, wie wir gesehen haben, Safford bereits an Feronia zu einem Planetenfunde verholfen hatte, erhielt von einem Freunde des Entdeckers vielleicht in Anspielung auf die bekannte Fabel und die Spaltung der Vereinigten Staaten den Namen Eurydice, und wurde in unmittelbarer Nähe von Feronia also wahrscheinlich während des Aufsuchens von dieser gefunden.

Freia, von d'Arrest, Director der k. Sternwarte zu Kopenhagen, zufällig und wieder nahe an dem Orte entdeckt, wo Feronia zum zweiten Male erscheinen sollte, so dass man eine Weile zweifeln konnte, ob das Gestirn nicht eben dieser Planet sei, erhielt ihren Namen vom Entdecker nach der Göttin der nordischen Mythe, also in Uebereinstimmung mit Herschel's Grundsatz.

Der 77ste Asteroid wurde von C. H. F. Peters in Clinton wieder nahe an Freia entdeckt, und desshalb Frigga getauft, da die gleichnamigen Göttinnen sich in der nordischen Mythologie so häufig bei einander finden.

Der 78ste Planet dieser Gruppe, von Luther in Bilk aufgefunden, wurde vom Oheime des Entdeckers, geh. Justizrath W. Luther in Naumburg, Diana getauft, mit ausdrücklichem Bezug auf den Mythus

Leto-Niobe, also wohl in Anspielung auf die wetteifernden Erfolge der Asteroidenspäher.

Den 79sten Asteroiden, Eurynome, taufte der Entdecker James Watson, Director der Sternwarte in Ann-Arbor, nach der Doppelgängerin der Göttin Diana.

Letzterer Fund, vom 14. September 1862 datirend, schliesst für heute (Ende März 1864) die Zahl der Planeten in einer Gegend unseres Sonnensystemes, in der man vor noch nicht zwanzig Jahren deren nur vier kannte.

Nro. 80 scheint uns erst nach längerer Einleitung beschieden werden zu sollen. Am 11. November 1863 fand R. Luther einen Planeten, bei dem es anfangs zweifelhaft war, ob er nicht ein neuer sei, der sich aber doch zuletzt als die von Luther eben gesuchte Leto erwies. Zwei Tage darauf beobachtete J. Schmidt in Athen einen Asteroiden, den er aus Mangel genauerer Ephemeriden für einen bisher unbekannten halten durfte, und der auch eine Weile dafür galt, bis E. Weiss in Wien und Hind in London zeigten, dass Schmidt die im J. 1849 entdeckte Hygiea beobachtet habe. Am 2. Februar 1864 endlich fand Pogson zu Madras nahe bei Concordia und Galatea einen Planeten in einer Gegend des Himmels, wo von vorn herein keiner der bisher bekannten Asteroiden zu vermuthen war. Pogson gab dem vermeintlich neuen Gestirne den Namen Sappho. R. Luther äusserte zuerst Zweifel über die Neuheit dieses Himmelskörpers, und wies auf Freia hin, deren sehr unsichere Elemente man nur in allerdings ehedem unerhörtem, aber unter den heutigen Verhältnissen solcher Bahnbestimmungen immerhin erlaubtem Masse zu ändern brauche, um sie für jene Zeit an die Stelle der Sappho zu bringen. Th. Oppolzer wiederholte nun die bisher nur vom Entdecker durchgeführte Berechnung der Freia, und fand Luther's Vermuthung vollkommen bestätigt, indem die neuen Elemente Sappho als mit Freia identisch erkennen liessen, wir also vor wie nach einstweilen mit 79 Asteroiden uns zu begnügen haben.

§. 73. (Anzahl und Ursprung dieser Planeten.) Dass mit den bisher bekannten Asteroiden, deren Bahnelemente man am Ende dieses Werkes zusammengestellt findet, die Reihe der Entdeckungen im Allgemeinen nicht geschlossen ist, versteht sich von selbst. Wo noch eines der letzten Jahre (1861) nicht weniger als zehn solcher Himmelskörper uns kennen lehrte, und, wie wir gesehen haben, nicht etwa bloss absichtliches Suchen, sondern sehr häufig noch der Zufall uns auf neue Gestirne dieser Art führt, darf man zahlreicher weiterer Funde gewärtig sein. Wenn auch das beim Beginne der neueren Entdeckungen so gewöhnliche gleichzeitige Auffinden durch verschiedene Beobachter seit einiger Zeit nahezu aufgehört hat, wenn auch im Ganzen in der Reihe dieser Funde sich eine Abnahme der Helligkeit jener Himmelskörper fühlbar macht, so muss man doch besonders bei der heutigen Verbreitung starker Fernröhre noch reicher Ausbeute auf diesem Gebiete entgegensehen, wofür wir weiter unten weitere Gründe angeben werden.

Wir haben oben gesehen, dass Olbers diese Gestirne für Trümmer eines grossen Planeten hielt, eine Meinung, die durch viele Jahre allgemeinen Eingang fand, und erst neuerer Zeit mehrfach bekämpft wurde. Während nämlich einerseits nichts zu solcher Annahme nöthigt, und man sich in einer gewissen Gegend des Sonnensystemes eben so gut in ganz

regelmässiger Weise viele kleine als einen grossen Planeten entstanden denken kann, sprechen andererseits sehr gewichtige Gründe gegen jene Hypothese. Zuerst hat Encke gezeigt, dass die Bahnen von Ceres und Pallas, die Olbers zu seiner Ansicht führten, sich wahrscheinlich nie wirklich kreuzten; dann hat Newcomb dasselbe von einer grossen Anzahl Asteroidenbahnen nachgewiesen, und hervorgehoben, dass auch die Verhältnisse der Helligkeiten und Geschwindigkeiten dieser Himmelskörper nichts weniger als einen gemeinschaftlichen Ursprung derselben wahrscheinlich machen.

Geht man in unserer Uebersicht die Daten der Entdeckungen durch, so zeigt sich, dass häufig in deren Aufeinanderfolge längere Pausen vorkommen und dann wieder oft wenige Wochen uns eine Menge neuer Planeten bringen. Diese ruckweisen Funde haben Le Verrier bewogen, eine jedenfalls kühne Hypothese auszusprechen. Er fragt sich, ob diese Körper nicht vielleicht eben erst entstanden seien? Der Raum um die Sonne sei, wie man von anderen Seiten weiss, mit kosmischen Stoffen erfüllt von allen Graden der Dünnheit und Dichte. Könnte nicht ein grösseres Bruchstück sich durch Anziehung mit anderen vereinigen, und so nach und nach zu einem Planeten heranwachsen, den man heute erst sieht, weil er eben gestern noch nicht existirte? Die Abweichungen zwischen Theorie und Beobachtung bei Merkur, während Venus, Erde, Mars, Jupiter völlige Uebereinstimmung mit der Rechnung bieten, weisen ihn auf solche kosmische Stoffe zunächst zwischen Merkur und Sonne hin. Wir gestehen, dass uns weit einfachere Erklärungen näher liegen. Sollte nicht etwa die Entdecker nach eben gehabtem Erfolge eine gewisse Beruhigung beschleichen, die sie für einige Monate weniger emsig suchen lässt als sonst? Sollte nicht auch die Jahreszeit ihren Einfluss auf die Zeit solcher Entdeckungen äussern? Von den 79 bisherigen Funden treffen 18 auf den Monat September, 14 auf April, 10 aut März, 8 auf Mai, 7 auf October, je 5 auf August und November, je 3 auf Jänner, Februar und Juli, 2 auf Juni und 1 auf December. Machen sich da nicht Frühling und Herbst durch ihre verhältnissmässig langen und doch angenehmen Nächte entschieden geltend?

§. 74. (Grösse der Asteroiden.) Die bisher bekannten Planeten dieser Gruppe erscheinen uns ohne messbare Scheiben wie Fixsterne, zwischen der sechsten und dreizehnten Grösse (Abth. II. Kap. XIV.). Solches Erscheinen hängt speciell von der Fähigkeit der Körper, die Sonnenstrahlen zurückzuwerfen, und von ihrem Volumen ab, wenn man den allgemeinen und leicht zu bestimmenden Einfluss der Entfernung von Sonne und Erde als gegeben ansieht. Kennt man also die Reflexionsfähigkeit (Weisse, Albedo) und das Volumen eines Planeten, so kann man daraus die Helligkeit finden, mit welcher er uns erscheinen muss; kennt man hingegen die Reflexionsfähigkeit und die Helligkeit, so kann man das Volumen des Körpers bestimmen. Jenen Weg schlug zuerst Le Verrier ein, um die Sichtbarkeit des zu suchenden transuranischen Planeten zu beweisen (Abth. III., Kap. VIII.); diesen betrat fünf Jahre später Stampfer, um das Volumen der Asteroiden zu finden. In beiden Fällen wurde diejenige Reflexionsfähigkeit vorausgesetzt, welche sich nach den Untersuchungen von Olbers, Steinheil, Stampfer und Seidel bei den grossen Planeten mit Ausnahme von Mars, der auch durch seine Farbe so sehr von den anderen Planeten abweicht, für alle

ziemlich gleich ergeben hat. Wenn diese Voraussetzung nun allerdings für gewagt gelten muss gegenüber z. B. den auffallenden Lichtwechseln, die man an einzelnen dieser Planeten wahrgenommen, so behält doch in Ermanglung sicherer Bestimmungen solche Schätzung unleugbaren Werth und dient immerhin, uns wenigstens einen beiläufigen Ueberblick der Verhältnisse zu gestatten. Argelander wendete diese Schlussweise zuerst auf eine grössere Anzahl von Asteroiden an, und legte nach eigenen, sehr bequemen Formeln diejenigen Helligkeiten zu Grunde, welche diese Himmelskörper in den Fällen zeigen würden, wo sie bei mittlerer Entfernung von der Sonne in Opposition treten. Mädler setzte später nach denselben Formeln diese Bestimmungen fort, wir ergänzten die Reihe hier in gleicher Weise, so weit diess mit den heutigen Beobachtungen möglich, und fügten die betreffenden Zahlen der am Schlusse des Werkes gegebenen Uebersicht bei.

Betrachtet man diese Angaben näher, so kommt man auf interessante Zusammenstellungen. Es zeigt sich zuerst, dass unter den vier älteren Asteroiden die drei grössten Körper dieser Gruppe (Vesta, Ceres, Pallas) sich befanden, und dass auch der vierte (Juno) immer noch zu den grösseren gehört. Es gibt sich ferner eine entschiedene Abnahme der Grössen beim Fortschreiten der Entdeckungen zu erkennen. Fasst man nämlich nach der chronologischen Reihe der Auffindung dieser Gestirne je zehn derselben zusammen, so erhält man für die

1.	Dekade	im	Mittel	27.7	g. M.	Durchmesser,
2.	„	„	„	15.0	„	„
3.	„	„	„	10.5	„	„
4.	„	„	„	11.0	„	„
5.	„	„	„	7.6	„	„
6.	„	„	„	8.4	„	„
7.	„	„	„	8.8	„	„

Die Regelmässigkeit, welche sich hier im Allgemeinen und abgesehen von einzelnen kleinen Störungen ausspricht, muss das Vertrauen auf die Hypothese, aus der diese Zahlen gefolgert wurden, steigern, macht es aber zugleich wahrscheinlich, dass wir es in Zukunft mit immer kleineren Körpern zu thun bekommen werden. Der Durchmesser 8 g. M. entspricht einer mittleren Oppositionshelligkeit von nahe 11, und in der That ist Argelander bei seiner grossen Mappirung des Himmels, in der alle Sterne bis zur 9., und noch sehr viele 9—10. Grösse aufgenommen sind, auf keinen neuen Planeten gestossen.

Der grösste unter diesen Planeten, Vesta, hat vermöge seines Durchmessers von 58.5 g. M. eine Oberfläche von 10715 Quadratmeilen, also nur wenig mehr als Frankreich, ein Volum von 104000 Kubikmeilen, so dass aus unserem Monde, der doch schon zu den kleinsten Körpern des Systemes gehört, nicht weniger als etwa 500 mit Vesta gleich grosse Kugeln gebildet werden könnten.

Der kleinste bisher bekannte Asteroid, Hestia, hat unter Annahme des oben für denselben abgeleiteten Durchmessers von 3.3 geogr. M. eine Oberfläche von 34 Quadratmeilen, kommt also hierin etwa dem Herzogthume Koburg gleich, während sein körperlicher Inhalt 17 Kubikmeilen beträgt, so dass unser Mond etwa drei Millionen solcher Hauptplaneten liefern könnte. Eine Reise um die Welt erforderte auf Hestia einen Weg von ganzen 10 g. M. Hätte Hestia gleiche Dichte mit der Erde,

so würde die Schwere auf der Oberfläche jenes Asteroiden etwa $1/500$ der Schwere auf der Oberfläche der Erde betragen, mit anderen Worten: ein Körper, der bei uns ein Pfund wiegt, würde dort kaum den Druck auf seine Unterlage ausüben, den hier $1/4$ Drachme bewirkt.

Man sieht, dass hier der Phantasie ein weiter Spielraum eröffnet ist, mag man nun jene Himmelskörper von Wesen gleich uns und unseren Mitbewohnern der Erde bevölkert denken und nach ihren dortigen Existenzen fragen, oder sich im Ausmalen von Pygmäen ergehen, die im Verhältnisse zu so winziger Welt stehen. Statt dessen wollen wir uns mit den weit fester stehenden Andeutungen begnügen, dass die Asteroiden durch ihre Kleinheit ein Mittelglied zwischen Planeten und Meteoren (III. Abth., Kap. II.) bilden, wie sie durch die grossen Neigungen und Excentricitäten ihrer Bahnen (Polyhymnia z. B. steht im Aphel doppelt so weit von der Sonne als im Perihel) einen Uebergang von Planeten zu Kometen darzustellen scheinen, und dass unser Sonnensystem wahrscheinlich einen, die Astronomen, im Hinblick auf die schon jetzt kaum zu bewältigende Beobachtung und Berechnung der Asteroiden beinahe erschreckenden Reichthum an solchen Gestirnen bietet. Für letztere Ansicht werden wir sogleich noch weitere Gründe kennen lernen.

§. 75. (Masse der Asteroiden.) Es ist uns bisher nicht gelungen, die Masse auch nur eines einzigen Asteroiden zu bestimmen. Alles, was wir hierüber vermuthen können, beschränkt sich auf die Angabe eines Maximums, über welches die Gesammtsumme der Asteroidenmassen nicht wohl hinausgehen kann. Le Verrier hat unter Voraussetznngen, die er nur auf 26 dieser Gestirne gründete, die aber im Allgemeinen auch bei den später entdeckten Himmelskörpern jener Gruppe von Planeten zutrafen, gefunden, dass wenn die Gesammtmasse dieser Gestirne gleich wäre der Masse der Erde, sie in der heliocentrischen Länge des Marsperihels eine Verrückung hervorrufen müsste, die in einem Jahrhunderte 11 Sekunden erreichte. Eine solche Störung hätte aber der Beobachtung nicht entgehen können. Berücksichtigt man den Umstand, dass jene Verrückung zur Zeit der Oppositionen des Mars wegen seiner bedeutenden Annäherung an die Erde von dieser aus sehr beträchtlich erschiene, so wird man zu der Ueberzeugung geführt, dass die Marsbahn in der Länge keinen Fehler enthalten kann, der auch nur den vierten Theil jener Störung beträgt. Man muss daraus schliessen, dass die Summe aller Asteroidenmassen zwischen Mars und Jupiter ungefähr den vierten Theil der Erdmasse nicht überschreiten kann.

So klein solche Masse an sich scheinen mag, so gibt diese Schätzung doch den oben ausgesprochenen Ansichten über die wahrscheinlich sehr grosse Anzahl der Asteroiden neue Stützen, wenn man bedenkt, dass ein Viertel der Erdmasse etwa zwanzig Körper von der Masse unseres Mondes zu bilden hinreicht, der, wie wir sahen, wenigstens seinem Volum nach Himmelskörperchen wie Hestia zu Millionen liefern kann.

§. 76. (Vertheilung der Asteroidenbahnen.) Das Zusammendrängen so vieler Planeten auf einen Raum, der wenig mehr Ausdehnung hat als der Durchmesser der Erdbahn [grösster Aphelabstand (4.02) Freia, kleinster Perihelabstand (1.79) Phocäa], richtete bald die Aufmerksamkeit der Astronomen auf die Frage, ob die Bahnen der Asteroiden nicht besondere Anordnungen zeigen. Man unterzog zuerst die Lage der Knoten-

linien in der Ekliptik einer näheren Betrachtung, und kam dabei auf Verhältnisse, die allerdings anfänglich überraschten. So findet man z. B. für die 75 ersten Asteroiden, dass 19 ihren aufsteigenden Knoten zwischen 0° und 90° heliocentrischer Länge haben, während 24 zwischen 90° und 180°, 18 zwischen 180° und 270°, 14 zwischen 270° und 360° liegen, dass sich also für den zweiten Quadranten eine ziemlich auffallende Anhäufung ergibt. Allein der Umstand, den wir schon oben hervorhoben, dass nämlich die verschiedenen Jahreszeiten einen sehr ungleichen Reichthum an solchen Entdeckungen aufweisen, ist hier von wesentlichem Einflusse. Da grossentheils in der Ekliptik nach neuen Planeten gesucht wird, seit Hind auf die Vortheile solcher Beschränkung des zu durchforschenden Himmelsraumes aufmerksam gemacht hat und in Folge davon von ihm sowohl als anderen Beobachtern Ekliptik-Karten angefertigt wurden; da ferner natürlich diejenigen Gegenden des Firmamentes hauptsächlich durchmustert werden, welche nahe um Mitternacht culminiren, so werden auch jene Theile der Ekliptik das grösste Contingent zu den neuen Funden liefern, welche eben in den günstigsten Jahreszeiten, also nach Obigem im Frühlinge und Herbste, der Sonne gerade gegenüber liegen, oder, wie der Kunstausdruck heisst, sich mit ihr in Opposition befinden. Im Frühlinge hat die Gegend 135° bis 225° diese Stellung, im Herbste hingegen der Bogen 315°—45°. Um also hier klar zu werden, theilen wir den Himmel nach Massgabe dieser Bogen in vier gleiche Theile, und finden so wieder für die aufsteigenden Knoten der ersten 75 Asteroiden:

Länge	Jahresz. d. Opp.	Anzahl d. Knoten.
315°— 45°	Herbst	17
45°—135°	Winter	18
135°—225°	Frühling	30
225°—315°	Sommer	10

also scheinbar eine noch ungleichere Vertheilung als früher; aber schon eine flüchtige Durchsicht der Orte am Himmel, wo die Gestirne bei ihrer Entdeckung standen, zeigt, dass z. B. von den 30 mit ihren aufsteigenden Knoten auf 135°—225° der Länge entfallenden Asteroiden acht (Pallas, Bellona, Concordia, Phocäa, Circe, Asia, Hesperia, Feronia) im Frühlinge nahe bei ihren aufsteigenden Knoten aufgefunden sind, andere zehn (Juno, Asträa, Massalia, Doris, Pomona, Virginia, Elpis, Echo, Cybele, Galatea) zwar im Herbste aber in der Nähe ihres niedersteigenden Knotens entdeckt wurden, so dass also das Uebergewicht der aufsteigenden Knoten in der Gegend des Zeichens der Wage aufhört, ein wirkliches Uebergewicht zu sein, nämlich in der Zufälligkeit des Abhängens der Zahl der Entdeckungen von der Jahreszeit seine Erklärung findet. Mit anderen Worten: wir haben bisher keinen Grund anzunehmen, dass die ungleiche Vertheilung der Asteroiden-Bahnen auf der Ekliptik sich auch dann zeigte, wenn in allen Himmelsgegenden ebenmässig nach neuen Asteroiden gesucht würde.

Man hat versucht, mehr Bestimmtheit in diese Untersuchungen dadurch zu bringen, dass man die Bahnen der Asteroiden statt auf die Ekliptik auf den Sonnenäquator bezog, was zuerst Jak. Cassini für die älteren Planeten durchführte. Diese letzteren hatten so eine überraschende Gleichmässigkeit in der Knotenlänge sowohl als der Neigungen gezeigt, und ähnliche Anordnungen fand man auch bei den Aste-

roiden. Allein bei näherer Ueberlegung verlieren diese Betrachtungen sehr an Werth. Wenn nämlich durch eine Anzahl von Ebenen, die gegen eine gewisse Lage im Allgemeinen geringe Neigungen haben, wie hier die Ebenen der Asteroidenbahnen gegen die Ekliptik, eine Ebene gelegt wird, die im selben Sinne stärker geneigt ist, so wird an und für sich ein Zusammenrücken der Knoten in dieser neuen Fundamentalebene eintreten. Soll daher dieses Zusammenrücken als etwas Besonderes gelten, so muss erst nachgewiesen werden, dass jenes Zusammenrücken bei einer gewissen Neigung der Fundamentalebene deutlicher als bei anderen Neigungen hervortritt, was eine weitläufige und nicht eben viel versprechende Untersuchung fordert, die bisher nicht angestellt wurde.

Geht man die Längen der Perihelien durch, so findet man auch hier eine Anhäufung in den beiden ersten Quadranten; allein Newcomb hat dieselbe aus der überwiegenden Anziehung Jupiter's im Vergleiche mit den anderen Planeten erklärt, so dass also auch diese Erscheinung nichts die Asteroiden Kennzeichnendes an sich hat.

In gleicher Weise hat sich ein früher vermutheter Zusammenhang zwischen den Excentricitäten und Neigungen dieser Himmelskörper im Laufe der Entdeckungen nicht bestätigt, und ist davon wenig mehr zu sagen, als dass in der Regel grosse Excentricitäten mit excessiven Neigungen verbunden vorkommen.

Le Verrier glaubt aus der Häufigkeit des Falles, dass solche Himmelskörper innerhalb weniger Tage nahe in derselben Gegend des Himmels gefunden werden, auf eine gruppenweise Anordnung schliessen zu dürfen. Da aber diese gegenseitige Nähe mit sehr wenigen Ausnahmen immer nur eine scheinbare ist, die dadurch hervorgerufen wird, dass ein paar Asteroiden sich beiläufig auf derselben Gesichtslinie befinden, so scheint uns jene Wahrnehmung bloss ein weiteres Argument für die Häufigkeit der Planeten dieser Art zu sein, und ihre Erklärung weit einfacher in der geringen Ausdehnung der Zone zu finden, innerhalb welcher die meisten Asteroiden nördlich und südlich von der Ekliptik entdeckt werden.

Weit bedeutender scheinen uns in dieser Beziehung die grossen Lücken, welche sich hier und da in den mittleren Abständen von der Sonne oder halben grossen Bahnaxen vorfinden, wie z. B. zwischen Ariadne und Harmonia, Bellona und Polyhymnia, Leucothea und Pales, Mnemosyne und Freia. Diess würde allerdings auf gewisse Gruppen hinweisen, die aber eben so gut wirklich vorhanden sein, als eben wieder die Mangelhaftigkeit unserer Kenntniss dieser Himmelskörper belegen können.

Die Bahnen von je zwei in geschlossenen krummen Linien um die Sonne kreisenden Planeten können entweder isolirt von einander liegen und sich daher vollkommen umschliessen, oder wie die Glieder einer Kette in einander greifen. Der letztere Fall trat schon bei Pallas ein, und wurde zuerst von Olbers bemerkt. Stellt man sich die Bahnen als körperliche Ringe vor, so kann man bei sich umschliessenden Bahnen die Ringe einzeln entfernen; kommen aber in einander greifende Bahnen vor, so wird jeder Ring, wenn man ihn heraushebt, eine gewisse Anzahl anderer Ringe, in die er eben eingreift, mitnehmen. Bei den Asteroidenbahnen findet nun wirklich ein vielfaches Verschlingen der

Bahnen statt, und wenn auch in der Reihe der Entdeckungen zuweilen, wie z. B. vor Auffindung der Iris, sich gesonderte Gruppen der Bahnen zeigen sollten, so kann man doch immer darauf rechnen, durch einen späteren Fund die Verbindung aller Bahnen unter einander bald wieder hergestellt zu sehen.

§. 77. (Bahnnähen und physische Zusammenkünfte der Asteroiden.) Sehr oft schon wurde die Frage angeregt, ob sich einzelne Himmelskörper unseres Sonnensystemes nicht einander so nähern könnten, dass aussergewöhnliche wechselseitige Wirkungen entstehen müssten. So lang man nur die grossen Planeten kannte, konnte dabei bloss von Zusammenkünften der Kometen unter einander oder mit Planeten die Rede sein, da die Bahnen jener grossen Planeten überall durch weite Zwischenräume von einander getrennt sind. Wir werden weiter unten (Kap. XIII.) auf die Verhältnisse der Kometen in dieser Hinsicht zurückkommen. Hier haben wir es mit den möglichen gegenseitigen Näherungen der Asteroiden zu thun, die der Frage neues Interesse verleihen, seit ihre grosse Anzahl erkannt ist.

Solche Betrachtungen zerfallen in zwei Theile. Man hat zuerst alle diejenigen Gegenden aufzusuchen, in welchen je zwei Bahnen einander sehr nahe liegen, und zweitens zu erforschen, wann die betreffenden Planeten beiläufig gleichzeitig durch jene Gegend gehen.

Die strenge Auflösung des ersten Problemes, den Ort und die Grösse der kürzesten Distanz zweier elliptischer Bahnen zu finden, führt auf sehr verwickelte Formeln, deren genaue Berechnung grossen Aufwand an Zeit und Mühe erfordern würde. Desshalb hat man schon seit Ceres und Pallas im Jahr 1802 durch die Lage ihrer Bahnen die erste Veranlassung zu solcher Untersuchung boten, die Arbeit dadurch zu vereinfachen gesucht, dass man die kürzeste Distanz zweier Bahnen in der gemeinschaftlichen Knotenlinie der Bahnen liegend annahm, wo man dann nur die sehr leicht zu findende Differenz der in diese Linie fallenden Radien Vectoren zu suchen hatte. Man sieht aber bei näherer Ueberlegung sogleich, dass in unserem Falle, wo Ellipsen von verschiedener Excentricität und Orientirung bei geringer gegenseitiger Neigung nicht ihren Mittel-, sondern einen ihrer Brennpunkte gemein haben, solche Abkürzung nothwendig oft zu sehr irrigen Resultaten führen muss. Um nun die erforderliche Mühe auf ein zu bewältigendes Mass herabzusetzen, und dabei doch nicht zu Methoden genöthigt zu sein, die sich nicht der vollsten Sicherheit erfreuen, schlug der Herausgeber vorliegenden Werkes einen graphischen Weg ein. Ein wirklicher Durchschnittspunkt zweier Kurven von beliebiger Lage im Raume charakterisirt sich nämlich dadurch, dass er, von jeder Seite angesehen, sich als solcher darstellt, und unterscheidet sich hierdurch eben von einem bloss scheinbaren, optischen Kreuzungspunkte, der nur in gewissen Richtungen als Durchschnitt erscheint. Es wird im Allgemeinen genügen, zwei Bahnen, von denen man zu erfahren wünscht, ob sie sich gegenseitig irgend bedeutend nahe kommen, in zwei auf einander senkrechten Richtungen zu betrachten; liegen sich die Kurven bei einer und derselben Gegend in beiden Richtungen nahe, so hat eine wirkliche Annäherung der Bahnen statt. Es wurde daher jede der in Frage kommenden Bahnen sowohl auf die Ekliptik als auf den Breitenkreis der Aequinoctien projicirt, und alle diese Zeichnungen einzeln auf durchsichtiges Papier übertragen,

das noch sehr wohl gestattete, das wechselseitige Verhalten je zweier Bahnen in beiden Richtungen zu erkennen, wenn man die betreffenden Blätter über einander legte. Indem man so alle möglichen Paare (Combinationen zu zwei) bildete, konnte man nicht nur besonders enge Näherungen von weniger merkwürdigen unterscheiden, sondern zugleich die Gegend des Himmels angeben, in welcher diese Näherung eintritt. Dadurch war der Rechnung so vorgearbeitet, dass eine genauere Bestimmung keine bedeutende Schwierigkeit mehr bot.

Um nun auch den zweiten Theil der hier gestellten Aufgabe zu lösen, d. h. diejenigen Fälle zu erforschen, in welchen eine wirkliche (physische, nicht optische) Zusammenkunft der fraglichen Planeten in nicht zu ferner Zukunft sich ereignet, hat man nur die Differenzen der Durchgangszeiten je zweier derselben durch ihre gegenseitigen Bahnnähen Umlauf für Umlauf zu bestimmen, und zuzusehen, ob und wann diese Differenzen nahezu verschwinden.

In Bezug auf Bahnnähen wurden bisher die ersten 42 Asteroiden untersucht, und dabei 157 Fälle gefunden, in denen die Bahnen auf 0.02 der mittleren Entfernung der Sonne von der Erde oder auf etwa 400000 g. M. und darunter bei einander liegen. Einzelne Combinationen zeigten sehr auffallende Verhältnisse. In mehr als 80 Fällen liegen die beiden Bahnen an sich so völlig verschieden, dass man nichts weniger als eine bedeutende gegenseitige Annäherung vermuthen möchte, während sie plötzlich in einem gewissen Punkte, ja oft an zwei Stellen sich beinahe kreuzen. Als Beispiele dieser Art führen wir an: Calliope-Psyche, Circe-Leda, Euterpe-Iris, Euterpe-Lutetia, Irene-Isis etc. Doppelte Näherungen, an sich eine höchst sonderbare Erscheinung, ereignen sich in 109 Fällen. Ebenso merkwürdig sind die oft vorkommenden grossen Spielräume, in denen Bahnen einander nahe bleiben. Das beachtenswertheste Beispiel in dieser Hinsicht bieten Euterpe und Massalia, indem ihre Bahnen durch nicht weniger als 192° der Länge in gegenseitigen Distanzen unter 0.1 oder 2000000 g. M. bleiben. Bei den Combinationen Ceres-Irene und Thetis-Vesta betragen jene Spielräume beziehungsweise 122° und 90°. Besondere Anhäufungen von Bahnnähen in bestimmten Gegenden des Weltalls haben sich nicht gefunden, und man ist im Gegentheile zu der Annahme berechtigt, bei zunehmender Anzahl dieser Himmelskörper werde sich die schon jetzt nahezu vorhandene Gleichförmigkeit der Vertheilung immer deutlicher einstellen, was also direkt gegen Le Verrier's oben erwähnte und schon dort bezweifelte Vermuthung gruppenweiser Anordnung spräche.

Auf die physischen Zusammenkünfte wurde die Untersuchung bisher bei 36 Asteroiden erstreckt, und ergab für den Zeitraum von 1850 bis 1900 etwa 77 beachtenswerthe Fälle. Die nächste Zukunft liefert folgende Beispiele, von denen das mit * bezeichnete das interessanteste sein dürfte:

Iris-Pomona . . .	1865	Mitte	Oktober
Fides-Fortuna * .	1866	Ende	Januar
Calliope-Egeria . .	„	Mitte	Oktober
Flora-Melpomene .	1867	„	Februar
Euterpe-Proserpina	1867	Ende	April
Pomona-Vesta . .	„	„	November.

Bedenkt man, dass mit solcher Aufführung noch keineswegs über die Bedeutung dieser Zusammenkünfte entschieden ist, und dass selbst bei Combinationen wie Fides-Fortuna, die eine gegenseitige Distanz von nur 0.02 und darunter erwarten lassen, die wechselseitigen Abstände bei der Kleinheit der Massen dieser Gestirne in Wirklichkeit meistentheils noch viel zu gross ausfallen, um besondere Wirkungen hervorzurufen, so zeigt sich, dass auch bei diesen im Raume scheinbar so zusammengedrängten Planeten wirklich merkwürdige Annäherungen zu den grossen Seltenheiten gehören, während optische Zusammenkünfte sehr häufig vorkommen. Immerhin aber lohnt es der Mühe, diesen Weg, auf dem es allein gelingen kann, die Massen der Asteroiden zu bestimmen, nicht aus den Augen zu lassen, und obige Untersuchungen fortzusetzen, so bald wieder eine grössere Anzahl hinreichend genau bestimmter Bahnen von Asteroiden sich den früheren angereiht hat.

§. 78. (Grosse Störungen der Asteroiden.) Während die activen Wirkungen dieser kleinen Himmelskörper auf andere Planeten so gering sind, dass deren völlige Ausserachtlassung bisher keinen irgend merklichen Unterschied in der Berechnung der Bewegungen dieser letzteren hervorrief, sind im Gegentheile die passiven Anziehungen, welche die Asteroiden erfahren, so ausserordentlich, dass die Methoden, welche zur Bestimmung der geringen gegenseitigen Attractionen oder der sogenannten Störungen bei den grossen Planeten bisher in Anwendung kamen, bei den Asteroiden nicht mehr ausreichen. Die Störungen derselben werden durch die theilweise ungewöhnliche Nähe dieser Himmelskörper an mächtige Planeten, noch mehr aber durch die grossen Excentricitäten und Neigungen ihrer Bahnen so bedeutend, dass man auf besondere, weiter unten (Abth. *III.*) zu besprechende Hülfsmittel bedacht sein musste, ihre Bewegungen zu berechnen.

Ebenso werden wir später sehen, dass diese Störungen der Asteroiden uns in den Stand setzen, die Massen der störenden, älteren Planeten zu bestimmen. Newton zeigte uns nur, wie man die Massen derjenigen Planeten finden kann, die mit Satelliten umgeben sind. Die Störungen aber konnte er zu diesem Zwecke nicht benützen, da sie bei jenen älteren Planeten hierzu viel zu klein sind, wohl auch damals noch nicht genau genug bekannt waren. Allein die Störungen, welche die neuen Planeten z. B. durch Jupiter erleiden, sind so gross, dass wir in der That erst auf diesem Wege zu einer genauen Kenntniss der Masse dieses grössten Planeten gekommen sind.

Kapitel VII.

Jupiter.

§. 79. (Distanz, Umlaufszeit, Durchmesser etc. Jupiters.) Dieser grösste aller Planeten wird leicht an seinem hellgelben, intensiven Lichte, das ihn unter günstigen Umständen zuweilen dem freien Auge bei Tage wahrnehmbar macht, und schon durch mässige Fernröhre, an seinem beträchtlichen scheinbaren Durchmesser und seinen vier Begleitern erkannt, die ihn immer umgeben und in einer ziemlich geraden, durch seinen Mittelpunkt gehenden Linie gereiht erscheinen. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist nahe 5 $^1/_5$mal grösser, als die der Erde, oder gleich 107 $^1/_2$ Millionen Meilen. Die Excentricität seiner Bahn beträgt $^1/_{20}$ seiner mittleren Entfernung, daher steht er in seinem Aphelium (*I.* §. 133) 113, und in seinem Perihelium nur 102 Millionen Meilen von der Sonne ab. Seine Entfernung von der Erde aber wechselt von 81 bis 134 Millionen Meilen, so dass er uns zur Zeit seiner Opposition (*I.* §. 74) beinahe noch einmal so nahe steht, als in seiner Conjunction. Sein scheinbarer Durchmesser von der Erde gesehen, beträgt 51 Sekunden zur Zeit der Opposition, und nur 31 Sekunden in der Conjunction. Daraus und aus seiner Entfernung folgt (*I.* §. 65) der wahre Durchmesser dieses Planeten 20004 Meilen, also 12mal grösser, als der Durchmesser der Erde. Seine Oberfläche ist daher auch 129 und sein Volum 1470mal grösser als das der Erde, oder aus diesem Planeten könnte man 1470 der Erde an Grösse gleiche Kugeln bilden, aus der Sonne aber würden sich im Gegentheile 960 dem Jupiter, und 1410000 der Erde gleiche Kugeln machen lassen.

In seiner mittlern Bewegung um die Sonne legt er während einer jeden Sekunde nur 1 $^8/_{10}$ Meilen zurück, geht also nahe 2 $^3/_{10}$mal langsamer als die Erde und 4mal langsamer als Merkur. Nimmt man, den neuesten Bestimmungen zu Folge, seine Masse gleich $^1/_{1048}$ der Sonnenmasse an, so enthält er 338mal mehr Masse oder mehr materiellen Stoff als die Erde, d. h. Jupiter in einer und 338 Erden in der andern Schale würden die Wage im Gleichgewichte halten. Allein die Dichtigkeit dieser Masse ist nur der vierte Theil von jener der Erdmasse oder die mittlere Dichtigkeit des Stoffes, aus dem Jupiter besteht, ist nahe der unseres Bernsteines gleich. Dieser geringen Dichtigkeit ungeachtet und trotz seiner schnellen Rotation fallen, wegen der grossen Masse dieses Planeten, die Körper auf seiner Oberfläche in der ersten Sekunde durch 34 $^3/_5$ Fuss.

Durch die Grösse seines Umfangs oder vielmehr durch die Grösse seiner Masse erscheint Jupiter gleichsam als der zweite Hauptkörper unseres Sonnensystems. In der That übertrifft er an Masse die aller andern Planeten zusammen genommen nahe dreimal. So ist ihm denn auch ein eigener Staat an den bereits erwähnten vier Monden zugewiesen, eine eigene kleine Welt, die ihn auf seinem weiten Wege um die Sonne begleitet:

With kingly state, the rival of the Sun.

Milt.

Jupiter's Symbol ♃ soll von der ältesten Schreibart des ersten Buchstaben im Worte *Ζεύς* rühren. Welchen Zusammenhang der Gott der Götter mit dem dasselbe Zeichen tragenden Zinn hat, mögen die Chemiker wissen.

§. 80. (Unterschiede der vier entferntesten Planeten von den andern.) Dieser Planet ist gleichsam der erste einer ganz neuen Art. In der That unterscheiden sich die bisher betrachteten: Merkur, Venus und Mars sammt der Erde in vielen Rücksichten wesentlich von den nun folgenden: Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun; die sogenannten Asteroiden aber sind gleichsam als ein Zwischenglied zu betrachten, wodurch jene beiden Reihen mit einander verbunden werden. Jene erfreuen sich einer immerwährenden Nähe der Sonne, während diese immer mehr von ihr weggetreten, wie denn z. B. der Durchmesser der Sonne auf Jupiter nur mehr unter dem kleinen Winkel von 6 Minuten, also nahe fünfmal kleiner, als auf der Erde, erscheint. Jene vier drehen sich ferner alle nahe in derselben Zeit, während 24 unserer Stunden, um sich selbst; diese vier aber, obschon sie alle bei weitem die grössten sind, bewegen sich, so weit wir bisher ihre Rotationen kennen, viel schneller um ihre eigene Axe; Jupiter und Saturn in $^2/_5$ eines unserer Tage, so dass also hier Tag und Nacht viel schneller wechseln, als dort. Aus dieser Ursache bemerkt man auch an diesen Planeten, wie wir bald näher sehen werden, eine sehr starke, selbst in dieser grossen Entfernung noch sichtbare Abplattung, die im Gegentheile bei jenen vier der Sonne näheren Planeten durchaus sehr klein ist. Jene vier gehören ferner im Allgemeinen zu den kleineren Planeten, denn Venus hat nur $^9/_{10}$, Mars $^1/_6$ und Merkur sogar nur $^1/_{17}$ des Volums der Erde, da im Gegentheile Jupiter 1470, Saturn 906, Uranus 99, Neptun 88mal mehr Volum, als die Erde hat. Eben so verschieden sind ferner auch die Massen dieser zwei Gattungen von Planeten, denn wenn man die Masse der Erde als Einheit annimmt, so ist die der Venus $^9/_{10}$, des Merkur $^1/_{12}$ und die des Mars nahe $^1/_{10}$, während im Gegentheile die Masse Jupiters 338, die des Saturn 101, die des Uranus 17 und die des Neptun 18mal grösser ist, als die der Erde. Endlich scheint dieser Unterschied sich selbst auf die Dichtigkeiten dieser Massen fortzusetzen, denn die Dichtigkeit Merkurs ist $1^4/_{10}$, der Venus über $^9/_{10}$ und des Mars $^7/_{10}$ von der der Erde, während die Dichtigkeit Jupiters $^1/_4$ und des Uranus nur $^1/_6$, die des Saturn nur $^1/_{10}$ und die des Neptun $^2/_{10}$ von der Dichtigkeit der Erde beträgt, so dass also jene vier Planeten an Beleuchtung und Erwärmung, an der Länge der Tage und an Dichtigkeit den entferntern vorgehen, während sie wieder von diesen an der Grösse ihres Umfangs, an der Menge ihres körperlichen Stoffs und an der Abplattung ihrer Pole übertroffen werden.

§. 81. (Atmosphäre Jupiter's.) Man könnte selbst noch einen andern Unterschied anführen, durch welchen sich diese zwei abgesonderten Planetenfamilien, wenn man so sagen darf, wesentlich unterscheiden. Die Atmosphären nämlich, mit welchen sie alle umgeben sind, bestehen bei jenen vier der Sonne nähern Planeten aus einem luftförmigen, äusserst lockern Gewebe, während sie bei den drei andern eine mehr feste, vielleicht schon unsern tropfbaren Flüssigkeiten ähnliche Masse zu bilden

scheinen. Man sieht nämlich auf der Oberfläche Jupiter's vier bis fünf grosse und mehrere kleinere Streifen, die alle unserer Ekliptik oder eigentlich dem Aequator Jupiter's parallel sind und von welchen die grössern durch die ganze Scheibe dieses Planeten gehen. Fontana soll die drei grössten derselben im Jahr 1633 entdeckt haben, und Campana fand mit den von ihm selbst verbesserten, für seine Zeit vortrefflichen Fernröhren im Jahr 1664 vier dunkle und zwei helle Streifen. Hevel und Cassini erkannten zuerst, dass sie der Ekliptik nahe parallel sind. Taf. V Fig. 1 zeigt diese Streifen nach der Beobachtung von de la Rue am 25. October 1856. Ausser diesen langen Streifen sieht man noch kleinere, dunkle, wolkenartige Flecken. Von jenen grösseren sind die zwei dem Aequator nächsten die breitesten und dunkelsten von allen, und zugleich in ihren Formen die beständigsten; die übrigen sind grossen Veränderungen ihrer Gestalt sowohl, als auch ihres Ortes unterworfen. Die kleineren entstehen und verschwinden oft schon in mehreren Stunden, doch sind ihre Ortsveränderungen, wo man sie bemerkt, immer denen der grossen, also dem Aequator Jupiter's, parallel. Zuweilen sieht man sie, wie unsere Wolken, sich anhäufen und wieder trennen, und über einen grossen Theil Jupiter's sich verbreiten. Aus den grossen Streifen laufen öfter kleinere, wie Strahlen, aus, und zuweilen sieht man auch mitten in den Streifen ganz schwarze Flecken entstehen. Es scheint, dass man in diesen Flecken den dunkeln Theil der Oberfläche des Planeten sieht, wenn über diesem Theile die Atmosphäre sich trennt oder eine Oeffnung erhält, weil man diese dunkeln Flecken nie in ihrer ganzen Farbenstärke bis an den Rand der Scheibe kommen, sondern sie immer zuerst schwächer werden und dann allmählich verschwinden sieht, wie sie sich dem Rande nähern. Es gibt Zeiten, wo alle diese Streifen sehr schwach erscheinen, wenn auch unsere eigene Atmosphäre ganz heiter ist. Zuweilen sieht man acht bis zehn lange, parallele, nahe an einander gedrückte Streifen; ja der ältere Herschel soll einmal über vierzig derselben gezählt haben.

§. 82. (Streifen und Flecken auf Jupiter.) Es ist durchaus nicht wahrscheinlich, dass diese Streifen und Flecken der Oberfläche Jupiter's selbst angehören. Sie bilden sich vielmehr in der Atmosphäre des Planeten, weil sie in ihren Bewegungen beinahe immer von West nach Ost gehen, und weil auch die Geschwindigkeit derselben nicht mit der Umdrehung Jupiter's um seine Axe übereinstimmt. Diese letzte beträgt nicht ganz zehn unserer Stunden, während diese Flecken ihre Umlaufszeit in 7, 8 bis 10 Stunden vollenden. Nahe am Aequator sieht man öfter solche Flecken, die in jeder Sekunde 300 bis 400 Fuss zurücklegen, also die Geschwindigkeit unserer heftigen Stürme mehr als achtmal übertreffen. Wahrscheinlich werden sie über der Oberfläche Jupiter's durch starke, nach einer constanten Richtung gehende Winde, die unseren Passatwinden ähnlich sind, in Bewegung gesetzt. Wenn diese Flecken der Oberfläche des Planeten selbst angehörten, so müssten jene beinahe täglich vorkommenden Zerrüttungen die Oberfläche des Planeten gänzlich unbewohnbar machen, und man müsste annehmen, dass dort grosse, flüssige, unserem Meere ähnliche Massen täglich aus ihren Ufern treten, und das Festland bald mit ihren Fluthen bedecken, bald wieder dasselbe trocken legen. Wenn aber auch diese Veränderungen nur in der Atmosphäre Jupiter's vor sich gehen, so muss diese Atmosphäre doch von unserer

irdischen sehr verschieden sein, und eine viel grössere Dichtigkeit haben. Schon Cassini beobachtete in wenigen Stunden plötzliche Verdunklungen und Aufheiterungen grosser Strecken von 10000 und 20000 Quadratmeilen der Oberfläche dieses Planeten, eine Erscheinung, die Schröter besonders an den beiden Polen Jupiter's sehr oft sich wiederholen sah. Gewiss ist, dass die Revolutionen, welche in jener Atmosphäre vor sich gehen, an Intensität und Ausdehnung mit unsern Orkanen nicht verglichen werden können. Buffon sagte daher, dass Jupiter, dessen Gestalt sich beinahe jede Stunde ändere, das Bild des Chaos zeige, und er meinte, dass diese immerwährenden, gewaltsamen Aenderungen die Folge einer innern Incandescenz sein müssen.

§. 83. (Rotation und Abplattung Jupiter's.) D. Cassini hatte unter den vielen kleinern Flecken Jupiter's einen gefunden, der seinen Ort auf dem Planeten wenigstens nicht merkbar veränderte, und er bediente sich desselben, die Rotation dieses Planeten um seine Axe zu bestimmen, die er gleich 9.93 unserer Stunden fand. Schröter erhielt später aus seinen eigenen Beobachtungen 9.942 Stunden. Die wahre Grösse dieser Rotation ist schwer mit Genauigkeit zu bestimmen, da man nicht leicht einen Flecken ohne Ortsveränderung trifft. Der ältere Herschel verfolgte diesen Gegenstand lange und fand mehrere Resultate von $9^h.86$ bis $9^h.92$, der jüngere Herschel nimmt dafür $9^h.93$, Mädler $9^h\ 55^m\ 27^s$ an.

Diese schnelle Umdrehung einer so ungeheuern Kugel ist sehr merkwürdig. Nach ihr legt ein Punkt des Aequators in einer Sekunde $1^7/_{10}$ Meilen, also nahe 28mal mehr, als ein Punkt des Erdäquators zurück, während der Mittelpunkt dieses Planeten in seinem Laufe um die Sonne während jeder Sekunde nahe $1^8/_{10}$ Meilen fortgeht. Diese beiden Geschwindigkeiten, der Rotation und der Revolution, sind also hier nur sehr wenig verschieden, und auch diess ist eine wie es scheint den äussersten Planeten gemeinsame Eigenschaft, durch welche sie sich von den vier anderen unterscheiden. Bei Jupiter und Saturn sind diese beiden Geschwindigkeiten sehr wenig, und bei Uranus, so viel wir aus unseren bisherigen Beobachtungen schliessen können, gar nicht verschieden, während im Gegentheile die fortrückende Bewegung zu der rotirenden sich verhält bei Merkur wie 286, bei Venus wie 78, bei der Erde wie 66 und bei Mars wie 101 zu 1. — Diese schnelle Rotation Jupiter's hat auch eine sehr grosse Abplattung an seinen Polen zur Folge. Nach den ersten Bestimmungen derselben, von D. Cassini im Jahr 1666, sollte sich die grosse Axe Jupiter's zur kleinen wie 15 zu 14 verhalten, oder seine Abplattung gleich 0.066 sein. Später fand Pound diese Abplattung gleich 0.075. Short bestimmte mit einem sehr guten Heliometer dieselbe zu 0.071, Köhler zu 0.065, und Schröter sogar zu 0.083. Nach der letzten Bestimmung würde also der Aequatorialhalbmesser Jupiter's die halbe Polaraxe desselben um 800 Meilen übertreffen, während bei der Erde dieser Unterschied nur etwa drei Meilen beträgt. Dass aber die Abplattung mit der Rotations-Geschwindigkeit wachsen muss, ist schon oben (*I*. §. 21) gezeigt worden. Nach den Beobachtungen von Struve betragen diese zwei Durchmesser Jupiter's in seiner mittlern Entfernung 38″.3 und 35″.5, also die Abplattung 0.073. Auch stimmt diese starke Abplattung sehr gut mit der Theorie von der Gestalt der Himmelskörper. Laplace, dem wir die Entwicklung dieser

Lehre vorzüglich verdanken, war sogar der Ansicht, dass die Bestimmung der Abplattung Jupiter's durch die Theorie genauer ist, als die durch unmittelbare Beobachtung, welche letzte in der That mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist, wie schon die so eben erwähnten, unter sich sehr abweichenden Angaben zeigen. Uebrigens bildet Jupiter, wie Grant zuerst bemerkte, das älteste Beispiel einer an Himmelskörpern erkannten Abplattung.

§. 84. (Jahreszeiten auf Jupiter.) Die Axe seines Aequators ist gegen die Axe seiner Bahn nur um den kleinen Winkel von drei Graden geneigt, d. h. die Schiefe der Ekliptik beträgt bei Jupiter nur drei Grade, nahe achtmal weniger als bei der Erde. Da aber der Wechsel der Jahreszeiten von der Grösse dieser Schiefe abhängt, so folgt, dass auf Jupiter dieser Wechsel sehr gering, oder dass der Sommer daselbst nur sehr wenig von dem Winter verschieden sein wird. Dasselbe gilt auch von den Tageszeiten; bloss die Gegenden zunächst um die beiden Pole ausgenommen, denen die Sonne eine Zeit ihres Jahres nicht auf- oder nicht untergeht, ist für bei weitem den grössten Theil der Oberfläche Jupiter's das ganze Jahr hindurch der Tag und die Nacht von nahe gleicher Länge, d. h. gleich fünf unserer Stunden. Desto fühlbarer mag aber für die Bewohner dieses Planeten der Unterschied der Klimate sein, wenn sie gleich den Unterschied ihrer Jahreszeiten vielleicht nur mit Mühe bemerken. Die Temperatur und Witterung wird nämlich für dasselbe Land im Sommer und Winter nur wenig verschieden sein, aber es wird, in Beziehung auf diese sehr viel darauf ankommen, ob das Land nahe oder ferne von dem Aequator liegt. In der dem Aequator zunächst liegenden Zone herrscht ein ewiger Frühling oder Sommer, da die Sonne beinahe immer in dem Scheitel der Bewohner dieser Zonen erscheint. Unter den beiden Polen aber sieht man die Sonne, selbst wenn sie, in der Mitte ihres sogenannten Sommers, am höchsten steht, nur drei Grade über dem Horizonte. Diese letzten Gegenden sollten also, nach unseren Verhältnissen zu schliessen, unter ewigen Schneefeldern und Eisgebirgen begraben sein, die um so weniger aufthauen oder abnehmen können, da die über hundert Millionen Meilen entfernte Sonne auf dem Jupiter nur mehr als eine sehr kleine Scheibe, siebenundzwanzigmal kleiner als auf der Erde, erscheint. Aehnliche scharfe Abschnitte im Klima wird man auch bei den zwischen jenen beiden Extremen liegenden Gegenden bemerken, da die lange Dauer der Jahreszeiten (sein Jahr ist zwölf der unseren gleich) dort auch einen stärkeren und bleibenderen Eindruck machen wird. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die constanten, dem Aequator parallelen Streifen, von welchen wir oben gesprochen haben, eine Folge dieses Eindrucks, gleichsam ein stehender Typus der dort so sehr verschiedenen Klimate sein mögen.

§. 85. (Masse Jupiter's.) So wie die Umlaufszeit und die Abplattung dieses Planeten nur schwer mit Genauigkeit zu bestimmen ist, eben so grosse und wohl noch grössere Schwierigkeiten bot die Masse desselben dar, deren genaue Kenntniss den Astronomen doch so wichtig ist, weil von ihr der grösste Theil der Störungen abhängt, welche die andern, besonders die ihm näher stehenden Planeten erfahren. Wir werden im

Folgenden sehen, auf welche Weise man das Verhältniss der Masse eines mit Satelliten versehenen Planeten gegen die Masse der Sonne bestimmen kann, wenn die Umlaufszeit des Planeten um die Sonne, die Umlaufszeit des Satelliten um seinen Hauptplaneten, und endlich der scheinbare Halbmesser der Bahn dieses Satelliten zur Zeit der mittlern Entfernung des Planeten von der Sonne durch die Beobachtungen gegeben ist. Nennt man nämlich a den Würfel dieses Halbmessers, multiplicirt in das Quadrat der Umlaufszeit des Planeten, und dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit des Satelliten, so findet man die Masse dieses Planeten gleich der Grösse a dividirt durch $1 - a$, wenn die Sonnenmasse als Einheit vorausgesetzt wird. Newton hat uns diese schöne und einfache Methode kennen gelehrt und sie auch zugleich auf Jupiter angewendet. Indem er den Halbmesser der Bahn des vierten Satelliten zuerst aus den Beobachtungen seines Freundes Halley und später aus Pound's Messungen zu Grund legte, fand er für die Masse Jupiter's $^1/_{1067}$ und diese wurde von allen Astronomen des achtzehnten Jahrhunderts als die wahre angenommen, wie sie denn auch in der *Mec. céleste* von Laplace als eine Angabe betrachtet wird, mit welcher sich, in Beziehung auf ihre Genauigkeit, nur wenig andere astronomische Resultate vergleichen lassen.

Allein ausser diesen Satelliten gibt es auch noch ein anderes Mittel, die Massen der Planeten, vorzüglich so grosser Planeten, zu bestimmen, die Störungen nämlich, welche andere Planeten von ihnen erfahren, und die natürlich desto bedeutender sein müssen, je grösser die störende Masse ist, daher man auch umgekehrt, aus den Wirkungen, die durch unmittelbare Beobachtungen gegeben werden, auf die Ursache dieser Wirkungen, d. h. auf die Massen der störenden Planeten zurückschliessen kann. Bouvard unternahm es, auf den Rath des grossen Geometers Laplace, auf diesem Wege die Masse Jupiter's durch die Störungen zu bestimmen, welche Saturn von ihm leidet, und er fand daraus die Masse Jupiter's $^1/_{1070}$, also nur unbedeutend von der eben angeführten Bestimmung verschieden. Diese Uebereinstimmung vorzüglich war es, die zu dem Schlusse zu berechtigen schien, dass wir die Masse Jupiter's mit sehr grosser Schärfe kennen. Allein Jupiter bringt in den Bewegungen der kleinen Planeten noch viel bedeutendere Störungen hervor, als in denen Saturns. Gauss war der erste, der diess erkannte und auch sogleich anwendete. Er fand aus seinen Berechnungen der Pallas, so wie Nicolai aus den Untersuchungen der Juno, dass die bisher für so genau bestimmt gehaltene Masse Jupiter's um ihren achtzigsten Theil vergrössert werden und daher nahe $^1/_{1054}$ sein müsse. Später fand Encke aus der Bewegung der Vesta, so wie aus der Berechnung des nach ihm benannten Kometen, nahe dieselbe Vergrösserung ($^1/_{1050}$).

Da man aber noch immer sich von der Idee der hohen Genauigkeit jener ersten Bestimmung der Jupitersmasse durch seine Trabanten nicht trennen wollte, und doch auf dem andern Wege, an dessen Sicherheit man auch nicht zweifeln konnte, ein ganz anderes Resultat fand, so gerieth man auf eine Muthmassung, die sich schon früher mehrmals geregt hatte, nämlich dass die Anziehung der Erde und der Planeten überhaupt nicht auf alle Körper dieselbe sei, sondern dass sich auch etwas den chemischen Verwandtschaften Aehnliches in die Sache mischen

könnte. Man stellte demgemäss die Behauptung auf, dass Jupiter aus dieser Ursache auf die Asteroiden mit einer nahe um $^1/_{80}$ stärkeren Anziehung wirke, als auf seine vier Monde. Diese Sache gab zu vielen gelehrten Diskussionen und weitläufigen Berechnungen Gelegenheit, die aber zu keinem bestimmten Resultate geführt haben. Man suchte sich endlich auf anderen Wegen von der Unwahrscheinlichkeit der Voraussetzung, dass dieselbe Masse auf verschiedene Materien verschieden wirken solle, zu überzeugen. Schon Newton hatte durch Pendelversuche, bei welchen er verschiedene Körper: Metalle, Steine, Glas, Flüssigkeiten u. dgl. schwingen liess, gezeigt, dass unsere Erde die verschiedenartigsten Materien alle gleich stark anziehe. Bessel in Königsberg, dem die Astronomie so viel verdankt, hat diese Versuche noch erweitert und mit besonderer Genauigkeit angestellt, und sie selbst auf die Meteorsteine fortgesetzt, die wahrscheinlich ans dem fernen Weltraume zu uns gelangen, und er hat überall Newton's Resultat vollkommen bestätigt gefunden. Wir haben noch mehrere andere Erscheinungen, die zu denselben Schlüssen führen. Die Parallaxe des Monds z. B. lässt sich aus den Pendelschwingungen an der Erde mit der grössten Schärfe berechnen, und sie stimmt genau mit der unmittelbaren Beobachtung dieser Parallaxe überein; zum Beweise, dass die Erde den Mond genau auf dieselbe Weise wie das Pendel anzieht. Die Parallaxe der Sonne lässt sich aus einer Störungsgleichung des Monds durch die Erde berechnen, und auch diese harmonirt sehr gut mit derjenigen Sonnenparallaxe, die wir aus den Durchgängen der Venus in den Jahren 1761 und 1769 (s. oben *II.* §. 68) abgeleitet haben, zum Beweise, dass die Sonne unsere Erde ganz eben so wie unseren Mond anzieht. Bloss also die von Bouvard berechneten Störungen des Saturn und Jupiter schienen mit diesem Satze, so wie mit der Massenbestimmung dieses Planeten durch seine Monde, im Widerspruche zu stehen, so lange man nämlich nicht annehmen wollte, dass Bouvard's Rechnungen und dass auch die mit ihnen übereinstimmende, aus den Satelliten gefolgerte Masse Jupiter's irgend einer Verbesserung bedürfen könnten.

Jene Rechnungen sind bisher, so viel uns bekannt, nicht wiederholt worden, aber wohl ist diess mit der Methode, die Masse Jupiter's aus seinen Satelliten zu bestimmen, allein leider etwas spät und erst in unseren Tagen geschehen, so dass man unbegreiflicher Weise jene alten Messungen von Pound, auf die schon Newton seine Rechnung gegründet hatte, durch mehr als hundert Jahre für unverbesserlich gehalten hat, ohne sie mit den, seitdem so wesentlich verbesserten Instrumenten zu wiederholen. Bloss Triesnecker in Wien kam auf diesen Gegenstand einmal zurück, und suchte im Jahr 1794 die Halbmesser der Bahnen dieser vier Monde mit Hülfe eines 3½füssigen Dollond'schen Objektivmikrometers zu bestimmen. Er machte diese seine, für jenes Instrument recht guten Beobachtungen in den Wiener Ephemeriden für das Jahr 1797 bekannt, und Wurm hat auf diese Messungen eine neue Massenbestimmung Jupiter's zu gründen gesucht (Mon. Corr. Band *V.*). Allein da Wurm sich mehrere willkürliche Aenderungen an den Beobachtungen Triesnecker's erlaubte, so ist auch seine Massenbestimmung, aus der er $^1/_{1070}$ findet, nicht als richtig anzunehmen. Behält man aber jene Beobachtungen, wie es sein soll, unverändert bei, so folgt

daraus die Masse Jupiter's $^1/_{1056}$. Erst in unsern Tagen haben Professor Airy am grossen Aequatoriale in Cambridge, und Bessel am Königsberger Heliometer die Messungen der Halbmesser der Satellitenbahnen wieder vorgenommen und aus ihren sehr genauen und mit vieler Umsicht angestellten Beobachtungen der erstere diese Masse gleich $^1/_{1047}$, der zweite gleich $^1/_{1048}$ gefunden, was sehr nahe mit Triesnecker und auch nahe genug mit den Störungen der kleinen Planeten übereinstimmt. Dadurch ist also zugleich erwiesen, dass Jupiter ganz in derselben Weise auf seine Monde, wie auf die kleinen Planeten wirkt, und eine mit grösserer Sorgfalt wiederholte Berechnung der Störungen Saturns wird wahrscheinlich auch hier diese Uebereinstimmung in noch höherem Masse zeigen.

§. 86. (Anblick des Himmels auf Jupiter.) Nach allem, was wir bisher über die Oberfläche dieses grössten aller Planeten kennen gelernt haben, müssen wir wohl als sehr wahrscheinlich annehmen, dass es auf demselben ganz anders, als auf unserer Erde aussehen mag. Er ist mit einer Atmosphäre umgeben, die an Dichtigkeit der unserer tropfbaren Flüssigkeiten nahe kommt, deren Wolken schon ganz solide Körper zu sein scheinen, und in welcher immerwährend heftige Revolutionen vor sich gehen. Ohne Zweifel wird dieser Planet auch von grossen Strömen und ausgebreiteten Meeren bedeckt sein, deren Ausdünstungen sich in seine Atmosphäre erheben und da jene dichten Wolken erzeugen. — Wegen der geringen Schiefe seiner Ekliptik sind die Jahreszeiten und die Temperaturen desselben nur sehr wenig verschieden, aber dafür dauert jede dieser vier Jahreszeiten so lange, als bei uns drei volle Jahre. Die Höhe der Sonne ändert sich für jeden gegebenen Ort, während eines ganzen Jahres, nur um sechs Grade, während bei uns, in einer zwölfmal kürzern Zeit, diese Aenderung schon siebenundvierzig Grade beträgt. Die Bewohner des Aequators haben die Sonne beinahe immer in ihrem Zenithe, und selbst wenn sie am tiefsten steht, ist sie nur drei Grade von ihrem Scheitel entfernt. Die beiden Pole aber haben abwechselnd durch eine Zeit, die sechs Jahren der Erde gleichkommt, immerwährend Tag oder Nacht. Wenn diese lange Nacht aufhört, und die Sonne den Bewohnern der Pole wieder erscheint, um sechs Erdenjahre für sie nicht unterzugehen, so zieht sie doch nur ganz nahe an ihrem Horizonte herum und erhebt sich auch im Mittag nicht mehr als drei Grade über denselben. Die starke Strahlenbrechung in der so ausserordentlich dichten Atmosphäre kann, wie Kummer zuerst nachwies, bewirken, dass die Sonne auf Jupiter gar nicht auf- und untergeht, wenn sie gleich in verhältnissmässig noch bedeutenden Höhen unsichtbar wird. Aber auch in den andern Gegenden, zwischen dem Aequator und den Polen, sind die Klimate sehr schroff abgeschnitten und der Unterschied weniger Grade der Breite muss schon eine grosse und constante Veränderung der Temperatur hervorbringen. — So lange übrigens die Jahreszeiten auf diesem Planeten dauern, so kurz sind im Gegentheile wieder die Tageszeiten, da dort Tag und Nacht zusammen genommen noch nicht zehn unserer Erdstunden betragen. Der Unterschied zwischen dem Tag im engern Sinne des Wortes, d. h. zwischen der Anwesenheit der Sonne über dem Horizonte und der Nacht, ist dort, die nächsten Gegenden an den Polen ausgenommen, immer nur sehr

klein, und die meisten Orte haben durch das ganze Jahr Tag und Nacht nahe gleich lang und zwar gleich fünf unserer Stunden. Dieser schnelle Wechsel des Lichts mit der Finsterniss muss auf die Lebensweise der Bewohner dieses Planeten von wesentlichen Einflüssen sein, wenn sie anders, so wie wir, den Tag ihren Beschäftigungen und Vergnügungen, und die Nacht der Ruhe und dem Schlafe widmen. Wenn sie mit ihren Arbeiten jeden Tag zu Ende kommen wollen, so müssen sie in wenigen Minuten vollenden, wozu wir ganze Stunden brauchen, und also vielleicht eine besondere Schnellkraft des Geistes und des Körpers haben. In der That, wie Wenige von uns würden zufrieden sein, wenn ihre Nächte nur fünf Stunden dauerten, und wenn sie schon wieder aufstehen müssten, nachdem sie sich kaum zu Bette gelegt haben. Wie sehr würden selbst die Virtuosen unter unsern Gourmands in Verlegenheit kommen, wenn sie, in einem Zeitraume von fünf Stunden, schon drei oder vier Mahlzeiten zu sich nehmen müssten! Und wie sehr würden erst unsere Frauen über die kurzen Nächte und die noch kürzeren Bälle von nicht einmal fünf Stunden die bittersten Klagen führen, da sie schon zur Vorbereitung dazu mehr als doppelt so viel Zeit gebrauchen? Desto zufriedener werden im Gegentheile die Astronomen dieses Planeten sein, wenn es anders daselbst auch Leute gibt, die es der Mühe werth achten, zuweilen wenigstens einen Blick auf den gestirnten Himmel zu richten. Die Sonne zwar erscheint ihnen viel kleiner, im Durchmesser über 5- und in der Fläche 27mal kleiner als uns, daher auch die Beleuchtung, die Jupiter von der Sonne erhält, 27mal schwächer ist, als die unserer Erde, und sogar 180mal geringer, als die Beleuchtung, deren sich Merkur, der nächste Planet an der Sonne, erfreut. Aber eben diese Düsterkeit ihrer Tage wird den Astronomen Gelegenheit geben, die übrigen grössern Gestirne, auch ohne Fernröhre, selbst um die Zeit ihres Mittags zu sehen. Wenn sie überdiess ihre Zeitrechnungen, so wie wir, in letzter Instanz auf die Länge ihrer Tage beziehen, welche viel genauere Zeitbestimmung werden sie dann haben, da ihre Tage nur zehn unserer Stunden dauern! In diesen zehn Stunden schwingen sich alle Gestirne des Himmels mit einer Schnelligkeit um sie herum, die es ihnen ungemein leicht machen muss, den Ort derselben für jeden Augenblick mit der grössten Schärfe zu bestimmen. Da die Körper in ihrem freien Falle auf der Oberfläche dieses Planeten, wie wir gesehen haben, in der ersten Sekunde durch 38 Fuss fallen, oder da die Schwere auf der Oberfläche dieses Planeten bald dreimal grösser ist, als auf der Erde, so würde unser Sekundenpendel von drei Fuss dort in einer Sekunde schon zwei Schwingungen vollenden, und ein Pendel, welches auf Jupiter seine Schwingungen in einer unserer Sekunden machen soll, müsste eine Länge von acht Fuss haben. Diese schnelle Rotation um ihre Axe wird daher den Astronomen Jupiter's ein Mittel geben, ihre Zeit mit der grössten Schärfe zu bestimmen, und diess ist bekanntlich eines der wichtigsten Elemente aller praktischen Astronomie. Die vielen Finsternisse, welche ihnen ihre vier Monde bereiten, und die beinahe täglich statthaben, werden ihnen nicht nur den Anblick des gestirnten Himmels verschönern, sondern die vielen künstlich in einander verschlungenen Bewegungen dieser Monde werden ihnen auch Gelegenheit geben, die vorzüglichsten Eigenschaften derselben bald und mit grosser Schärfe kennen zu lernen. Um endlich die Entfernungen der Himmels-

körper unter sich selbst sowohl, als auch von Jupiter zu bestimmen, müssen sie vor Allem eine recht grosse Basis (*I*. §. 67) haben, um sie ihren Beobachtungen der Parallaxe zu Grunde zu legen. Aber welche grössere Basis können sie wünschen, als die, die ihnen durch den Halbmesser ihres grossen Planeten wenigstens in Beziehung auf die Entfernung jener Monde von dem Mittelpunkte dieses Planeten gegeben ist. Unser Mond ist 60 Erdhalbmesser von uns entfernt, und diess erlaubt uns noch, die Parallaxe dieses unseres Begleiters mit der grössten Genauigkeit zu bestimmen. Die Sonne im Gegentheile steht über 20000 Erdhalbmesser von uns ab, daher wir ihre Parallaxe nur schwer mit grosser Schärfe bestimmen können. Allein der nächste Satellit Jupiters ist nicht einmal sechs volle Halbmesser Jupiters von dem Mittelpunkte dieses Hauptplaneten entfernt, und seine Parallaxe kann daher mit einer Genauigkeit bestimmt werden, mit welcher sich keine unserer irdischen Beobachtungen vergleichen lässt. Selbst die Bestimmung der Sonnenparallaxe ist dort weniger Schwierigkeiten, als auf der Erde, unterworfen. Zwar ist Jupiter nahe fünfmal weiter, als die Erde, von der Sonne entfernt, aber der Halbmesser Jupiters ist dafür nahe zwölfmal grösser, als der Halbmesser der Erde, daher für jenen Planeten die Sonnenparallaxe 19 Sekunden beträgt, während sie bei uns nur 8 Sekunden hat, also mehr als die Hälfte kleiner und eben desswegen auch viel schwerer zu bestimmen ist.

Kapitel VIII.

Saturn.

§. 87. (Entfernung und Umlaufszeit etc. Saturns.) In einer über neunmal grösseren Entfernung, als die der Erde, durchwandelt Saturn seine weite Bahn um die Sonne in einer Zeit von 29 $\frac{1}{2}$ Jahren. Man erkennt ihn an seinem matten, weissen Lichte, das auch sein Symbol dem grauen Bleie verschafft haben soll, und einmal erkannt, wird er immer wieder leicht aufgefunden, da er seinen Ort unter den Sternen nur sehr langsam ändert und 2 $\frac{1}{2}$ Jahre in demselben Zeichen des Thierkreises verweilt. In seiner mittleren Bewegung legt er in jeder Sekunde nur 1$\frac{3}{10}$ Meilen zurück, geht also fünfmal langsamer als Merkur, und selbst noch 3 $\frac{1}{2}$mal langsamer, als die Erde. So zieht er, der alte Gott der Zeit, von dem er auch das Zeichen der Sense entlehnte, langsam und unbemerkt, wie diese Zeit selbst, seinen Weg von mehr als hundert und neunzig Millionen Meilen um die Sonne, die ihm in der grossen Entfernung, um welche er von ihr absteht, nur mehr unter einem Durchmesser von 200 Sekunden, also 9 $\frac{1}{2}$mal kleiner, als uns, erscheint. Die ganze Oberfläche der Sonne erscheint aber in dieser Ferne 90mal kleiner, als auf der

Erde, daher ist auch die Beleuchtung, die Saturn von der Sonne erhält, 90mal geringer, als unsere Tageshelle, so dass der schönste Mittag auf diesem Planeten nur unserer tiefen Dämmerung, unmittelbar vor dem Einbruche der Nacht, zu vergleichen ist. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt nahe 200 Millionen Meilen. Ein 3.5 deutsche Meilen in der Stunde, also sehr schnell segelndes Schiff würde erst in 650 Jahren, und eine Kanonenkugel, die in jeder Sekunde 1600 Fuss durchläuft, in 92 Jahren diese Distanz zurücklegen. Das Licht aber mit seiner unbegreiflichen Geschwindigkeit kommt schon in 1 Stunde 18 Minuten von der Sonne bis zu Saturn.

Wegen der nicht unbeträchtlichen Excentricität der Bahn dieses Planeten kann sich derselbe bis 186 Millionen Meilen der Sonne nähern, und bis 208 Mill. Meilen von ihr entfernen. Von der Erde aber ist sein Abstand zu verschiedenen Zeiten viel mehr verschieden, indem er sich ihr bis 165 Mill. Meilen nähern und wieder bis 229 Mill. Meilen von ihr entfernen kann.

§. 88. (Grösse und Masse Saturns.) Der wahre Durchmesser Saturns beträgt nach den neuesten Messungen 17200 Meilen, also nicht viel weniger, als der des Jupiter, und nahe zehnmal mehr, als der der Erde. Wenn er der Erde am nächsten steht, so erscheint dieser Durchmesser unter dem Winkel von 21 Sekunden, in seiner grössten Entfernung aber nur unter 15 Sekunden. An Oberfläche übertrifft er die Erde 94mal, und an körperlichem Inhalte 906mal, so dass man also aus ihm 906 der Erde gleiche Kugeln bilden könnte. Allein die Masse, aus der er besteht, ist nur der 3502ste Theil der Sonnenmasse, oder nahe 101mal grösser, als die Masse der Erde. Daraus folgt, dass die Dichtigkeit dieser Masse ungemein gering, nur etwa der zehnte Theil der Dichte der Erdmasse ist. Diese Masse ist überhaupt die lockerste von allen Planetenmassen, und nahe nur zweimal so dicht, als die unseres Korkholzes. Es möchte schwer sein, zu sagen, welchen Einfluss eine solche Einrichtung auf die vegetabilische, auf die thierische und vielleicht selbst auf die intellectuelle Welt dieses Planeten haben mag. Was endlich die Kraft der Schwere betrifft, so wirkt sie auf diesem Planeten nahe eben so, wie auf der Erde; die Körper fallen nämlich daselbst in der ersten Sekunde durch 13 Par. Fuss.

§. 89. (Streifen und Atmosphäre Saturns.) Auch Saturn ist mit solchen Aequatorialstreifen, wie Jupiter, versehen, sie sind sogar noch breiter, aber an Farbe weniger vor der übrigen Fläche des Planeten ausgezeichnet. Ohne Zweifel gehören auch sie der Atmosphäre desselben an, obschon die Atmosphäre und die in ihr schwimmenden Wolken sehr von den irdischen verschieden sein mögen. Schröter hat in diesen Streifen häufig bedeutende Aenderungen bemerkt, was auf grosse Revolutionen in der Atmosphäre Saturns schliessen lässt, da sie uns in einer so grossen Entfernung noch sichtbar sind. Derselbe Beobachter, sowie der ältere Herschel, haben auch denjenigen Pol des Saturn, der eben von der Sonne abgewendet ist, und seinen Winterschlaf hat, beständig heller und weisser, als den anderen, gefunden, wahrscheinlich eine Folge der grossen Kälte, die zur Winterszeit unter diesen Polen auf einem Planeten herrschen mag, der die Sonne 90mal kleiner sieht, als wir, und dessen Winter volle 7¼ unserer Jahre dauert. Man will bemerkt ha-

ben, dass die Sterne, denen Saturn auf seinem Laufe begegnet, und die er mit seinem Körper für uns bedeckt, wenn sie ihm näher rücken, allmählich schwächer werden, bis sie endlich hinter seinem Rande gänzlich verschwinden. Dasselbe soll auch der Fall mit seinen Monden sein, von welchen wir später sprechen werden. Man würde diese Erscheinung als einen Beweis ansehen können, dass die Atmosphäre dieses Planeten, wenigstens in ihren unteren Schichten, sehr dicht sein müsse.

§. 90. (Rotation und Abplattung Saturns.) Aus der Beobachtung einiger Flecken auf der Oberfläche Saturns hat man die Rotation desselben zu $10\frac{1}{2}$ unserer Stunden abgeleitet. Künftige genauere Beobachtungen werden dieses Resultat wohl noch verbessern, indess ist, so wie bei Jupiter, diese schnelle Umdrehung eines so grossen Planeten immer merkwürdig. Der Aequator desselben ist gegen seine Bahn unter einem Winkel von nahe 30 Graden geneigt, woraus folgt, dass die Jahreszeiten Saturns stärker verschieden und schärfer bezeichnet sind, als die der Erde, während sie, wie wir gesehen haben, auf Jupiter beinahe gar nicht verschieden sind.

Diese schnelle Umdrehung Saturns lässt auch eine starke Abplattung an seinen Polen erwarten. Der ältere Herschel fand diese Abplattung gleich dem eilften Theile der halben Aequatorialaxe. Allein er fand auch noch eine andere Art von Erhöhung des Randes an vier einander gegenüber stehenden Stellen, nahe in der Mitte zwischen Pol und Aequator, so dass der Durchmesser Saturns in der Richtung dieser Erhöhungen gleich 1, der Durchmesser des Aequators gleich 0.97 und endlich der Polardurchmesser gleich 0.89 sein soll. Allein Schröter, der diesen Gegenstand anhaltend untersuchte, fand die äussere Gestalt und Abplattung Saturns fortwährenden, grossen Aenderungen unterworfen, vielleicht, weil diesen Planeten eine flüssige Hülle umgibt, die einer immerwährenden Ebbe und Fluth ausgesetzt ist, oder auch, weil der Körper desselben in der That von der Gestalt einer Kugel beträchtlicher abweicht, als wir diess bisher bei andern Planeten beobachtet haben. Die neuesten Beobachtungen hingegen, namentlich Bessels genaue Messungen, deuten auf eine ganz regelmässige, sphäroidische Gestalt des Saturn hin, und es verhält sich der Aequatorialdurchmesser zur Rotationsaxe wie 18 zu 16, was die Abplattung $\frac{1}{10}$ ergibt.

§. 91. (Wie Saturn den früheren Astronomen erschien.) Wenn man diesen Planeten auch nur durch ein sehr schwaches Fernrohr beobachtet, so bemerkt man sogleich, dass er von der runden Gestalt der übrigen Himmelskörper abweicht und mehr eine elliptische oder eiförmige Gestalt hat, die Stoddart unter dem reinen Himmel Persiens 1852 sogar mit freiem Auge wahrgenommen haben will. Galilei, der im Jahr 1612 das damals kaum erfundene Fernrohr (ein sogenanntes holländisches, mit einer Vergrösserung von 33, und ohne Zweifel keines der besseren Art) zuerst zur Erweiterung unserer Kenntniss des gestirnten Himmels anwendete, entdeckte die sonderbare Form dieses Planeten sogleich; aber da er ihn nicht deutlich genug sehen konnte, so behauptete er, Saturn bestehe aus drei an einander befestigten Körpern, *Saturnus triformis*. Er hielt die zwei zu den beiden entgegengesetzten Seiten der eigentlichen Kugel stehenden Körper für Monde, die aber keine Bewegung um die Kugel haben, und gleichsam an sie angeheftet sein sollten. Er erklärte diese Meinung selbst für etwas sonderbar, und verliess sie auch später

wieder, als er, einige Jahre darauf, den Saturn ganz rund erblickte. Seine vermeinte Entdecknng wurde über zwanzig Jahre von den andern Astronomen verfolgt, aber keiner derselben konnte sich von der Idee eines solchen befestigten Mondenpaares los machen, wahrscheinlich weil ihre Fernröhre alle zu unvollkommen waren, um diesen entfernten Himmelskörper in seiner wahren Gestalt zu zeigen. Noch im Jahr 1633 sah Gassendi aller seiner Mühe ungeachtet nichts, als diese eingebildeten Monde. Hevelius, der diesen Planeten von den Jahren 1647 bis 1656 eifrig verfolgte, bemerkte wohl, dass diese zwei kleinen Seitenkugeln, diese imaginären Monde, mit der grossen Kugel Saturns durch Arme oder Henkel zusammenhängen, und dass Saturn seine Gestalt überhaupt von Jahr zu Jahr auf eine sehr sonderbare Weise ändere, aber er konnte doch den eigentlichen Grund dieser auffallenden Veränderungen nicht entdecken. Dafür gab er in seinem Werke (*De Saturni facie*, Danzig 1656) eine Menge von sonderbaren Namen an, durch welche er die verschiedenen Gestalten dieses Planeten näher bezeichnen wollte. Hodierna war der Meinung, dass Saturn die Gestalt eines Eies habe, mit zwei dunkeln Flecken an den beiden Seiten, und dass die Abwechslung seiner Gestalt von einer Umdrehung dieses Eies um seine Axe komme. Der Jesuit Riccioli behauptete, dass Saturn mit einem dünnen Armillarringe umgeben sei, der in zweien seiner Punkte an der Kugel des Planeten befestigt sein sollte. Mit dieser Meinung gedachte er, der auch Copernicus und Kepler verbessern wollte, die Entdeckung Huyghens', die damals schon allgemein bekannt war, zu rectificiren.

§. 92. (Huyghens entdeckt den Ring Saturns.) Im Jahre 1659 erschien nämlich das *Systema Saturnium* von Huyghens, in welchem dieser vortreffliche Astronom und grosse Beobachter die wahre Gestalt dieses Planeten bekannt machte, so wie er sie durch das von ihm selbst verfertigte, für seine Zeit sehr gute Fernrohr im Jahr 1655 gesehen hatte. Er zeigte, dass die Kugel Saturns ringsum von einem dünnen, breiten, freischwebenden Ringe umgeben ist. Sofort erschienen mehrere Widerlegungen, wie diess bei allen wichtigen Entdeckungen, die den Neid Anderer wach rufen, zu geschehen pflegt. Ausser der bereits erwähnten von Riccioli erhob sich ein gewisser Fabri, aus demselben Orden, der unter dem falschen Namen eines *Eustachius de divinis* die Erklärnng Huyghens' heftig angriff, nebst mehreren Andern, die jetzt keiner Erwähnung mehr werth sind. Alle besonnenen, besseren Astronomen erkannten sofort die Wahrheit, wie sie ihnen von Huyghens gezeigt wurde, und reihten sich auf seine Seite, und in unsern Tagen gibt es vollends keinen Menschen mehr, der daran zweifeln könnte, wenn er auch nur mit einem Blicke durch unsere besseren Fernröhre den Gegenstand selbst gesehen hat. — Es entstand nun die andere Frage: woher dieser Ring komme und wie er entstanden sein könne? Da fehlte es denn nicht an Erklärungen aller Art. Der Eine, Roberval, sonst ein sehr schätzbarer Geometer, behauptete, dass dieser Ring bloss durch die Dünste gebildet werde, die sich von der Oberfläche des Saturn erheben; der Andere hielt ihn für die eigentliche Atmosphäre dieses Planeten; ein Dritter meinte, dieser Ring sei bloss der Ueberrest einer grossen Kugel, die bis auf ihren Aequator zusammenschmolz; und Maupertuis endlich, der wegen seiner Idee eines Loches bis zum Mittelpunkt der Erde, und anderer excentrischer

Einfälle noch jetzt bekannt genug ist, Maupertuis liess diesen Ring Saturns aus einem Kometenschweife entstehen, der sich um die Kugel des Saturn herum geschwungen habe und an ihm hängen geblieben sei.

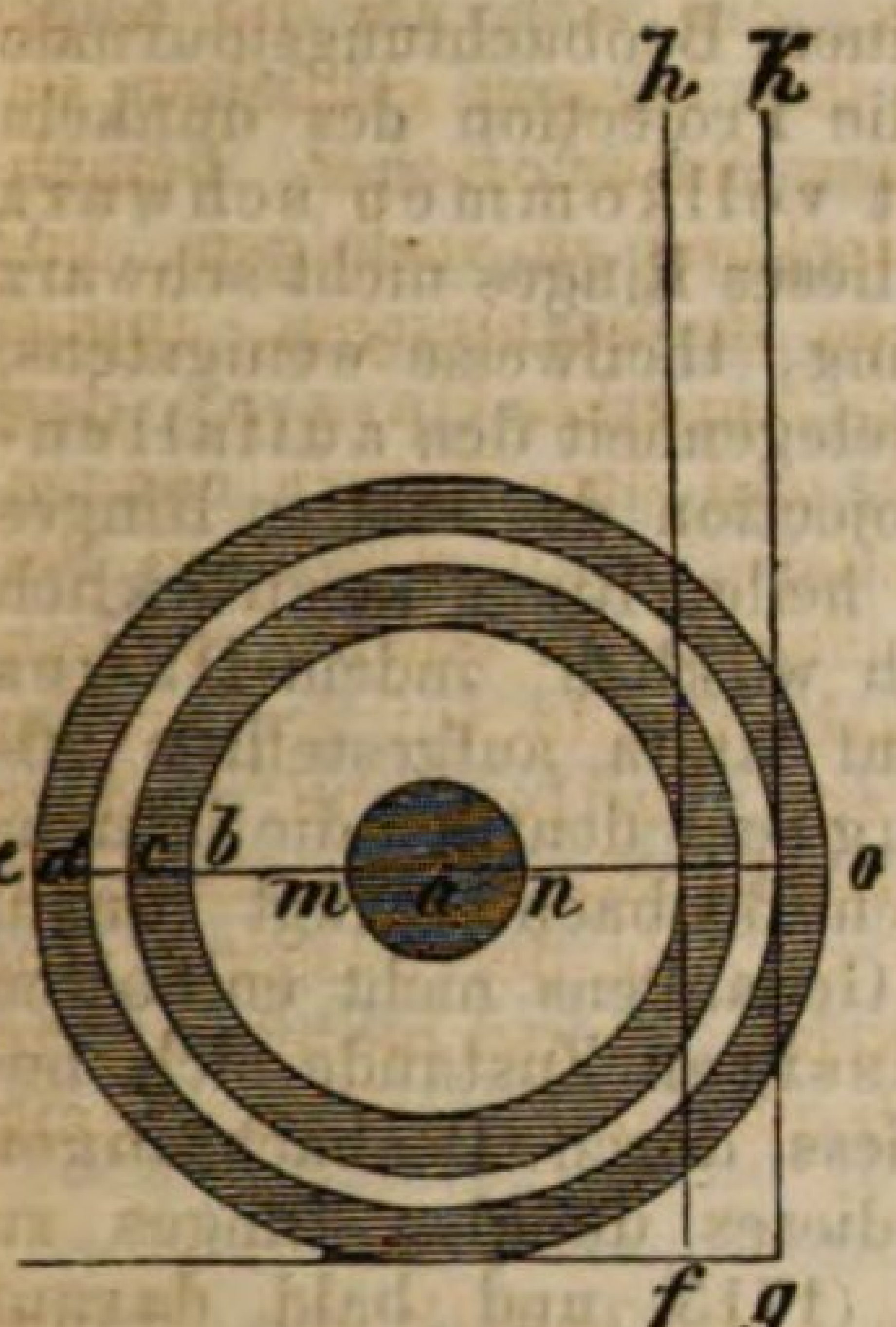
Die besseren Astronomen, die eigentlichen Naturforscher, bemühten sich, die von Huyghens gemachte Entdeckung zu verfolgen, und in ihren einzelnen Theilen, durch ihre eigenen Beobachtungen, immer mehr zu vervollkommnen. Schon im Jahr 1715 bemerkte Cassini, dass dieser Ring eigentlich ein doppelter, mit sich und dem Saturn concentrischer Ring sei, und dass der äussere, schmälere, mit dem andern beiläufig in derselben Ebene liegende Ring von ihm durch einen Zwischenraum getrennt ist, den er gleich einem dunkeln Bande auf der breiten Fläche des ganzen Ringes bemerkte. Short, Hadley und Andere, welche diese Trennung der Ringe durch ihre Beobachtungen bestätigten, bemerkten noch, dass der innere Ring heller sei, als der äussere, und dass jener wohl noch aus mehreren concentrischen Ringen bestehen mag, wie sie aus den dunkeln Kreisen schlossen, die sie auf demselben, wenigstens zuweilen, bemerken konnten.

§. 93. (Beschreibung des Ringes.) Die folgende Tafel enthält die Dimensionen dieser Ringe, wie sie aus Struve's Messungen folgen. Die darin angegebenen Winkel beziehen sich auf die mittlere Distanz des Saturn von der Sonne oder von der Erde, die 9.5388 Halbmesser der Erdbahn beträgt. Man erhält die in Sekunden ausgedrückte Grösse in geogr. Meilen, wenn man die ersten durch 950 multiplicirt. In der Fig. 62 ist *a* der Mittelpunkt Saturns und der beiden Ringe, *am* der Halbmesser Saturns und *cd* der Raum, der beide Ringe von einander trennt.

		In Sek.	In d. Meil.
Aeusserer Halbmesser des äussern Ringes .	*ae*	20″.047	19045
Innerer " " " " .	*ad*	17.644	16762
Aeusserer Halbmesser des innern Ringes .	*ac*	17.237	16375
Innerer " " " " .	*ab*	13.334	12667
Halbmesser Saturns	*am*	8.995	8545
Breite des äussern Ringes	*de*	2.403	2283
Breite des innern Ringes	*bc*	3.903	3708
Breite des Zwischenraumes	*cd*	0.407	387
Entfernung der innern Seite des innern Ringes von der Oberfläche Saturns	*bm*	4.339	4122
Breite des Doppelrings	*be*	6.713	6378

Man sieht daraus die Grösse dieses, den Saturn freischwebend umgebenden Ringes. Sein äusserster Durchmesser 2*ae* beträgt 38090 Meilen oder 22 Durchmesser der Erde, und der äusserste Umfang dieses Ringes hat 119663 Meilen. Der jüngere Herschel hat auch bei Gelegenheit der letzten Verschwindung dieses Ringes die Dicke desselben zu bestimmen gesucht und sie gleich 0.023 Sekunden oder gleich 22 d. Meilen gefunden. Daraus würde folgen, dass der körperliche Inhalt oder das Volum beider Ringe zusammen 13980 Millionen Kubikmeilen oder nahe fünfmal so viel als das Volum der Erde beträgt. Schröter folgert aus seinen Beobachtungen diese Dicke des Ringes gleich 0″ 125 oder 119 Meilen, wo dann das Volum der beiden Ringe das unserer Erde 27mal übertreffen würde. Bessel findet aus den Störungen, die

Fig. 62.



der Ring auf die Bewegung des sechsten Satelliten ausübt, und unter der Voraussetzung, dass der Ring mit Saturn gleiche Dichte habe, die Dicke des Ringes 29³/₅ geogr. Meilen. G. P. Bond in Cambridge (U. St.) endlich fand diese Dicke kaum 9 g. M.

Dass dieser Ring, sowie die Kugel Saturns, ein dunkler Körper ist, der sein Licht nur von der Sonne erhält, folgt schon daraus, dass man oft genug den Schatten deutlich sieht, welchen Saturn auf seinen Ring, und welchen auch der Ring auf den Körper des Saturn wirft. Auch die Farbe Saturns ist von der des Ringes verschieden. Herschel fand jenen gelblich und diesen lebhaft weisslich gefärbt. Neuere Beobachter, namentlich Kater und Encke, haben noch eine zweite Theilung des Saturnringes ausserhalb der von Herschel zuerst wahrgenommenen bemerkt; hierdurch wird der äussere schmalere Ring abermals in zwei von ungleicher Breite getrennt. Die Astronomen des *Collegio Romano* endlich haben ausser den erwähnten noch drei Theilungen bemerkt, sämmtlich im äussern Ringe, während diesseits der alten Cassini'schen Theilung auf dem inneren Ringe nie eine solche mit Sicherheit wahrgenommen wurde.

Diese verschiedenen Ringe liegen nicht genau in derselben Ebene, sondern ihre Ebenen haben sehr kleine Neigungen gegen einander und gegen den Aequator Saturns; die Ringe sind ferner nicht absolut regelmässig gestaltet, so wenig als die Planeten mit mathematischer Genauigkeit Kugeln oder Rotationssphäroide sind, sondern sie zeigen sowohl Unebenheiten als auch einzelne Verbiegungen. Schon Laplace hat durch die Theorie wahrscheinlich gemacht, dass Ungleichheiten irgend welcher Art in den Ringen vorhanden sein müssten, da bei vollkommener Symmetrie und Homogeneität derselben das Gleichgewicht durch die geringste von aussen kommende Störung vernichtet würde; auch hat er in dieser Hinsicht die Nothwendigkeit einer Rotation der Ringe um den Saturn hervorgehoben. Was die Theilungen des äussern Ringes betrifft, so scheinen sie den neuesten Beobachtungen zu Folge sehr veränderlich zu sein, woraus G. P. Bond in Cambridge (Vereinigte Staaten) auf einen flüssigen Zustand des Ringsystemes schliesst.

Im December 1850 entdeckte G. P. Bond, dem wir die vollständigste Monographie dieses merkwürdigen Planeten verdanken, noch einen, aber dunkeln, Ring am Saturn, der von den andern hellen Ringen concentrisch umschlossen wird. Fast um dieselbe Zeit wurde er auch von Dawes und Lassell sehr deutlich wahrgenommen. Spuren dieses Ringes wurden schon in den Jahren 1838 und 1839 von Galle bemerkt, aber er hielt diesen schwachen Lichtschimmer zwischen der Saturnkugel und dem innern Ringe für keine besonderen Ringe, sondern betrachtete ihn nur als Fortsetzung des inneren hellen Ringes, die noch das halbe Intervall bis zum Saturn ausfüllt.

Dawes und Lassell haben uns mit noch einer sehr schönen Ent-

deckung am dunkeln Ringe beschenkt, nämlich der Durchsichtigkeit dieses Ringes. Dawes bemerkte in seinem Beobachtungsjournale am 25. September 1852 ausdrücklich, dass die Projection des dunkeln Ringes auf der Saturnkugel entschieden nicht vollkommen schwarz aussieht; auch scheint es, als ob der Schatten dieses Ringes nicht schwarz wäre, was wahrscheinlich macht, dass der Ring, theilweise wenigstens, durchsichtig ist. Dawes hebt bei dieser Gelegenheit den auffallenden Kontrast zwischen der dunkelgrauen Projection des matten Ringes und dem vollkommen schwarzen Schatten der hellen Ringe ausdrücklich hervor. Diese Durchsichtigkeit bestätigte sich wirklich, indem Dawes sowohl als Lassell, letzterer mit seinem auf Malta aufgestellten 20-füssigen Teleskope, durch den dunklen Ring sehr deutlich die Saturnkugel sehen konnten. Der erstere der beiden Beobachter fügt hinzu, dass er sich beim Anblicke dieses Ringes des Gedankens nicht enthalten konnte, dass derselbe wahrscheinlich im flüssigen Zustande sich befinde; es gelang ihm aber bisher nicht, diess durch Beobachtungen zu bestätigen. O. Struve fand die Breite dieses dunklen Ringes zu 2″.04, und zeigte, dass schon J. Cassini (1715) und bald darauf Hadley deutliche Spuren davon erkannt haben. Er macht es ferner sehr wahrscheinlich, dass die innere Grenze des inneren hellen Ringes sich dem Planeten nach und nach nähert, während zugleich die Gesammtbreite der beiden lichten Ringe beständig wächst, ohne dass jedoch der äussere Ring sich nach aussen ausdehnte. In dem Zwischenraume der Beobachtungen von J. D. Cassini und Sir W. Herschel soll nach O. Struve überdiess der innere helle Ring an Breite schneller zugenommen haben als der äussere. Später scheint das umgekehrte Verhältniss eingetreten zu sein. Neuerlich hat Secchi eine weitere Bestätigung des längeren Bestehens jenes dunklen Ringes, und der eben erwähnten Veränderlichkeit in den Dimensionen der Ringe durch die Beobachtungen von Campani (1664) nachgewiesen.

Prof. Maxwell in Aberdeen hat aus mechanischen Gründen abgeleitet, dass die Ringe, um dauernd im Gleichgewichte zu bleiben, aus einer Menge unzusammenhängender Körperchen bestehen müssen, die um den Planeten nach Massgabe ihrer Entfernung von demselben mit verschiedener Geschwindigkeit kreisen. Diese Körperchen können in schmalen Ringen angeordnet sein, oder unregelmässig aus einem dieser Ringe in den anderen übergehen. Im ersten Falle wird das ganze System sich weit länger erhalten als im zweiten. — Diese theoretischen Ansichten werden durch die oben mitgetheilten Beobachtungen bestätigt. Insbesondere stimmen die bemerkte Veränderlichkeit der Ringe überhaupt, sowie die Durchsichtigkeit des innersten Ringes in überraschender Weise damit überein. In letzterer Beziehung ist noch hervorzuheben, dass die Saturnkugel dort, wo man sie durch den Ring sieht, durchaus keine Aenderung ihrer Gestalt zeigt, woraus folgt, dass das Licht im Ringe nicht durch ein brechendes Mittel geht. Ein Analogon dazu haben wir bereits an den Kometen, die das Licht der Fixsterne auch ungebrochen durchlassen und die man sich daher auch aus discontinuirlichen Partikeln bestehend denken muss. Dass die äusseren Ringe solche Durchsichtigkeit nicht ebenfalls zeigen, darf uns nicht beirren; wir dürfen ja nur annehmen, dass die Körperchen, von welchen sie gebildet werden,

eben zu dicht bei einander stehen, als dass noch Lichtstrahlen ungehindert vorbeigehen könnten.

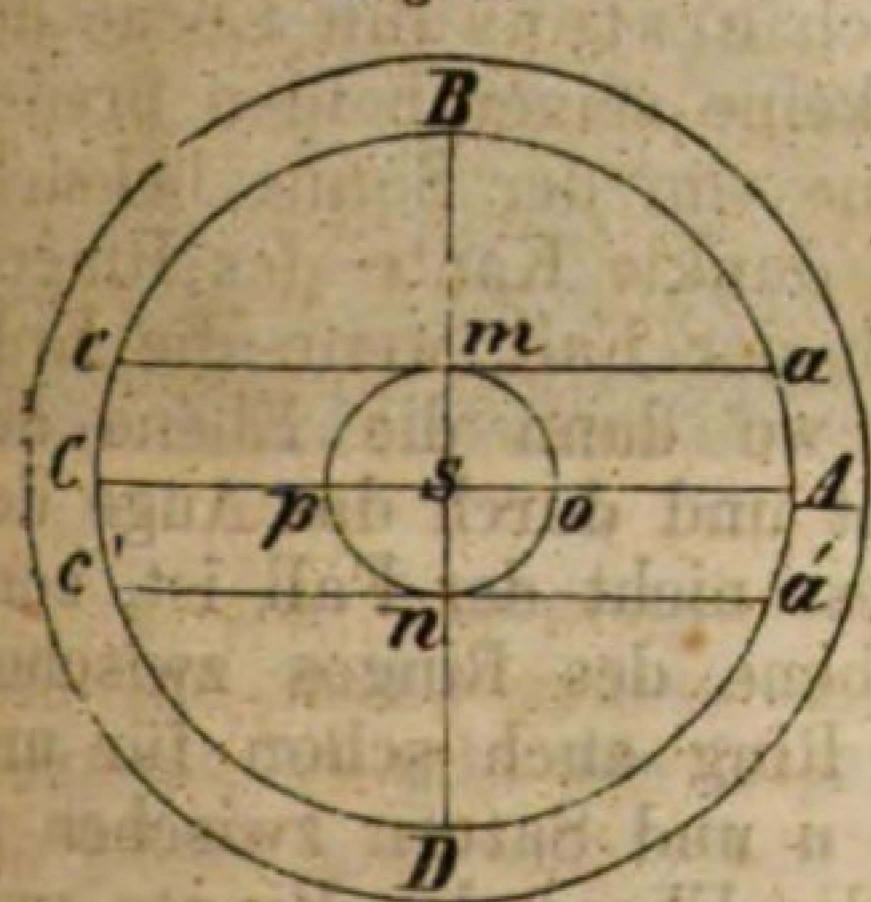
Taf. V, Fig. 2 gibt ein Bild Saturns nach einer von De la Rue am 27. März 1856 aufgenommenen trefflichen Zeichnung.

Wir bemerken noch, dass das gemeinschaftliche Centrum der Ringe nicht mit dem Mittelpunkte Saturns zusammenfällt. Schon Schwabe, Harding, Herschel und South haben diese Excentricität der Ringe wahrgenommen, die ungefähr 200 Meilen zu betragen scheint. Am deutlichsten aber tritt sie aus Struve's Messungen hervor.

§. 94. (Neigung und Knoten des Ringes.) Dieser Ring hat, nach Bessels neuesten Bestimmungen, gegenwärtig eine Neigung von 28 Graden gegen die Ekliptik, und die Länge seines aufsteigenden Knotens in der Ekliptik beträgt 167 Grade. Wegen dieser Neigung erscheint der in der That kreisförmige Ring, aus der Sonne sowohl als auch aus der Erde gesehen, immer nur in der Gestalt einer Ellipse, und zwar einer veränderlichen Ellipse, deren constante grosse Halbaxe, in der mittleren Entfernung Saturns, gleich 20″.047, deren veränderliche kleine Halbaxe aber höchstens gleich 9″.55 sein und öfters sogar bis auf eine ganz verschwindende Grösse abnehmen kann, wo dann der Ring als eine gerade Linie erscheint, oder auch ganz unsichtbar wird. Die erwähnte Figur (2. Taf. V.) stellt Saturn mit seinem Ringe ziemlich in der grösstmöglichen scheinbaren Oeffnung des letztern so dar, dass sein uns sichtbarer Südpol oben liegt.

§. 95. (Ursachen der Verschwindungen des Ringes.) Dieses Verschwinden des Ringes ist für die Theorie desselben von der grössten Wichtigkeit, weil sich daraus die Lage der Ebene dieses Ringes mit grosser Schärfe bestimmen lässt. Wir wollen daher auch die Ursache und die näheren Umstände dieser Verschwindungen etwas genauer betrachten. — Es wurde bereits gesagt, dass die Ebene dieses Ringes gegen die Ekliptik unter dem Winkel von 28 Graden geneigt ist. Setzen wir noch hinzu, dass er diese Neigung im Allgemeinen während seines ganzen Umlaufs um die Sonne beibehält, so dass er sich selbst immer parallel bleibt.

Fig. 63.



Sei *S* (Fig. 63) die Sonne, *mn* die kreisförmige Bahn der Erde und *ABCD* die des Saturn. Nehmen wir an, dass die Linie *ASC* die Knotenlinie (*I.* §. 97) des Ringes in der Ekliptik sei, so dass also der aufsteigende Knoten *A* in der Länge von 167° und der niedersteigende *C* in der Länge von 347° liege. Auf diese Knotenlinie senkrecht sei der Durchmesser *BD* gezogen. Wenn nun Saturn in dem Punkte *A* ist, oder wenn er, von der Sonne aus gesehen, die Länge 167° hat, so schneidet die Ebene seines Ringes die Ekliptik in der Linie *ASC*, oder diese Ebene geht durch die Sonne *S*, und der Ring kann sonach bloss in seinen schmalen Kanten, oder der Dicke nach von der Sonne beleuchtet werden. In diesem Augenblicke erscheint er also einem Auge in der Sonne nur als eine gerade Linie, oder in der Gestalt der Fig. 64. Wie aber Saturn aus diesem Punkte *A* weiter gegen *B* fortrückt, so beleuchtet auch die Sonne die südliche Seite des Ringes immer mehr, und der

Fig. 64.



Fig. 65.



Fig. 66.



Fig. 67.



Ring wird daher dem Auge in der Sonne immer breiter erscheinen, bis er, wenn Saturn in *B* ist, am weitesten geöffnet ist und die Gestalt von Fig. 65 hat; wo der nördliche Theil des Ringes jenseits der Kugel, und der südliche diesseits steht. Wie dann Saturn weiter gegen *C* fortrückt, wird der Ring wieder enger, bis er in *C*, in dem absteigenden Knoten, wieder nur seine Kante erleuchtet hat, und als eine gerade Linie, wie Fig. 66, erscheint. Von *C* gegen *D* wird die Sonne immer mehr auf der nördlichen Seite des Ringes vorrücken, und dieser daher immer breiter erscheinen, bis er in *D* am breitesten ist, und die Gestalt Fig. 66 hat, wo der nördliche Theil des Ringes diesseits der Kugel und der südliche jenseits liegt.

Von der Sonne gesehen, erscheint also Saturn während jeder seiner Revolutionen um die Sonne, d. h., während 29 ½ Jahren zweimal ohne Ring, wenn Saturn die heliocentrische Länge 167° oder 347° hat, und zweimal am weitesten geöffnet, wenn er die heliocentrischen Längen von 257° und 77° hat. Die Intervalle zwischen diesen Erscheinungen betragen daher 7⅖ Jahre, an deren Anfang und Ende der Ring immer am kleinsten und am grössten erscheint.

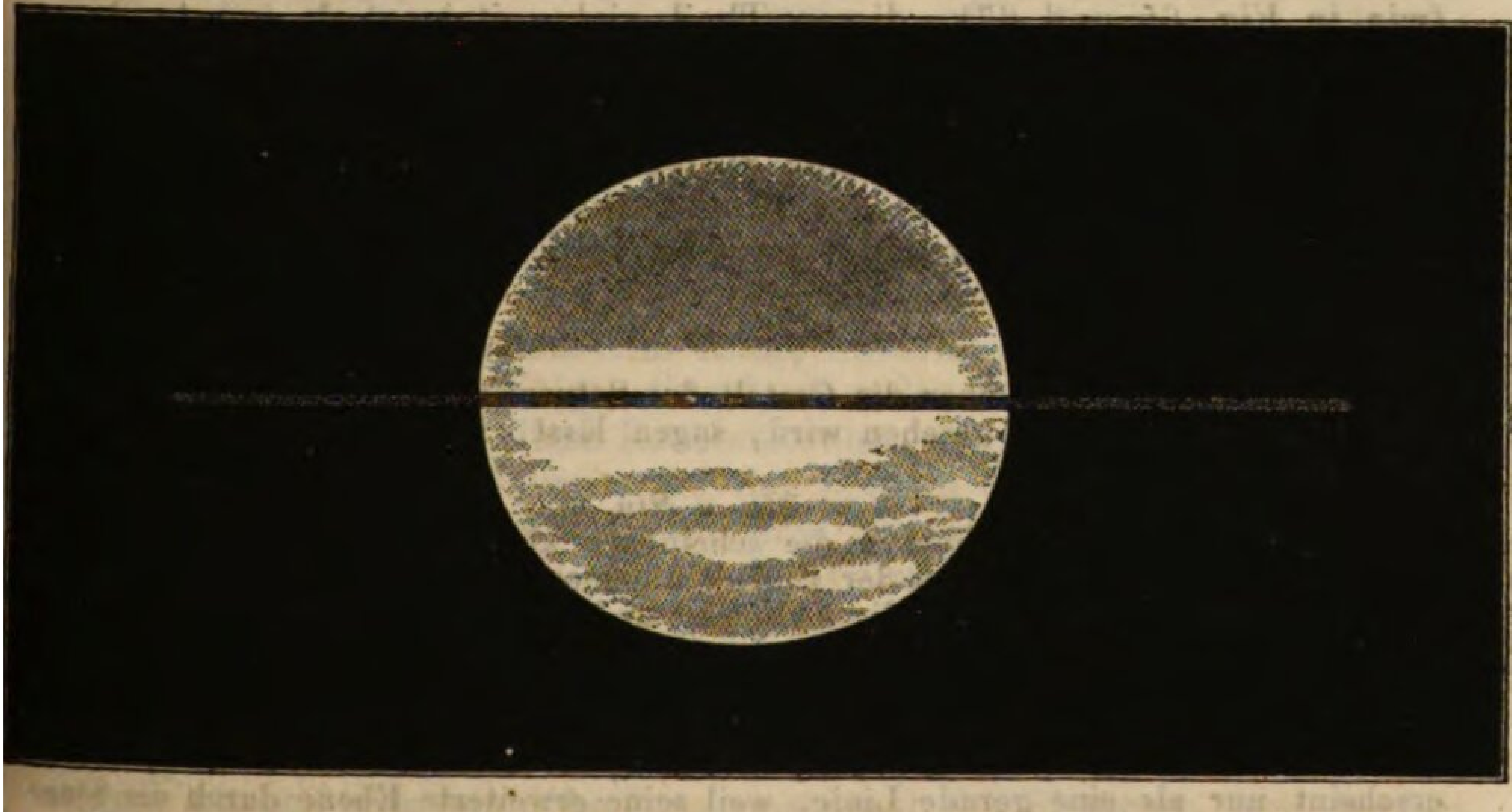
Wenn daher Saturn in einem der beiden Knoten seines Ringes ist, so wird von diesem Ringe nur die schmale Kante durch die Sonne beleuchtet, und der ganze Ring wird dann nicht bloss für das Auge in der Sonne, sondern auch für uns, für die Erde, verschwinden, wenn anders unsere Fernröhre nicht stark genug sind, den schmalen Lichtstreifen, welchen diese Kante bildet, noch sichtbar zu machen, wo uns dann der Ring als eine feine gerade Linie erscheinen wird, wie ihn Herschel u. a. mit grossen Telescopen in der That öfter zu dieser Zeit gesehen haben.

Allein dieser Ring kann ausserdem für die Erde noch aus ganz anderen Ursachen verschwinden. Wenn nämlich **erstens** die Ebene des Ringes durch die Erde geht, so sehen wir keine seiner beiden breiten Seiten, von welchen im Allgemeinen immer eine von der Sonne beleuchtet ist. Wir sehen dann bloss die Kante, die dunkle Kante des Ringes, d. h. wir sehen ihn gar nicht. Diess ist z. B. der Fall, wenn die Erde (Fig. 63) in *m* und Saturn in *a* oder c ist, wo dann die Ebene des Ringes die Ekliptik in der Linie *amc* schneidet und durch das Auge des Beobachters in *m* geht. Wenn aber auch diess nicht der Fall ist, sondern wenn nur **zweitens** die erweiterte Ebene des Ringes zwischen Erde und Sonne hindurchgeht, so kann der Ring auch schon für uns unsichtbar werden. Wenn z. B. die Erde in *n* und Saturn zwischen *A* und *a'* oder zwischen *C* und *c'* ist, so liegt die Ebene des Ringes zwischen *n* und *S*, und dahier die **dunkle** Seite desselben zur Erde *n* gekehrt ist, so können wir ihn nicht mehr sehen. Dasselbe kann sich ereignen, wenn überhaupt die Erde irgendwo in der Hälfte *pno* ihrer Bahn ist, während Saturn zwischen den Punkten *A* und *a'* oder *C* und *c'* sich aufhält, und eben so, wenn die Erde in der andern Hälfte *pmo* ihrer Bahn, und Saturn zwischen den Punkten *A* und *a* oder zwischen *C* und *c* ist.

Man bemerkt übrigens von selbst, dass diese beiden Arten von Verschwindungen des Ringes immer kurz vor oder nach der Epoche statthaben müssen, wo die Ebene desselben durch die Sonne geht und daher nur der scharfe Rand des Ringes von ihr beleuchtet wird. Denn da die Erdbahn gegen die des Saturn nur klein ist, so fällt die Ebene des Ringes durch je 14 Jahre ganz ausser die Erdbahn, so dass also dann die Erde immer der von der Sonne beleuchteten Seite des Ringes zugekehrt ist, und nur am Ende dieser Periode hat die Ringebene, etwa ein Jahr durch, eine solche Lage, dass sie, verlängert, die Erdbahn schneiden kann. Die beiden Fälle, wo die Ebene des Ringes entweder durch die Sonne oder durch die Erde geht, geben offenbar nur ein momentanes Verschwinden desselben, während der dritte Fall, wo die Ebene des Ringes zwischen Sonne und Erde liegt, den Ring mehrere Wochen durch für die Erde unsichtbar machen kann.

Fig. 68 gibt den Anblick Saturns am 6. Oktober 1848 nach G. P. Bond. Die Ebene des Ringes war am 12. September 1848 durch die Erde gegangen; die unbeleuchtete Seite des Ringes blieb der Erde zugekehrt bis 18. Januar 1849, wo der Ring abermals durch die Erde ging. Die drei schärfer begrenzten Lichtpunkte, einer rechts, die beiden anderen links, sind Satelliten, die sich auf den Ring projicirten.

Fig. 68.



§. 96. (Verschiedene Gestalten des Ringes, wie er von der Erde gesehen wird.) Wenn man die halbe grosse Axe des elliptischen Ringes gleich der Einheit annimmt, so gibt die folgende Tafel den Werth der halben kleinen Axe für jeden heliocentrischen oder geocentrischen (*I.* §. 111) Abstand des Saturn von dem auf- oder absteigenden Knoten des Ringes in Länge.

Von 0° bis 90° Abstand vor dem aufsteigenden und nach dem niedersteigenden Knoten liegt die zur Erde gekehrte Hälfte des Ringes über, und von 0° bis 90° nach dem aufsteigenden und vor dem niedersteigenden Knoten liegt diese Hälfte des Ringes unter dem Mittelpunkte der Kugel des Saturn. Ueberhaupt zeigt sich Saturn ohne Ring, wenn er in dem östlichen Theile des Sternbildes des Löwen und in dem öst-

Abstand.	Kleine Halbaxe.	Abstand.	Kleine Halbaxe.
0°	0.00	48°	0.35
6	0.05	54	0.38
12	0.10	60	0.41
18	0.15	66	0.43
24	0.19	72	0.45
30	0.24	78	0.45
36	0.28	84	0.47
42	0.32	90	0.47

lichen Theile des Wassermanns steht, während man den Ring in seiner grössten Oeffnung bei den Sternen in den Hörnern des Stiers oder zwischen dem Scorpion und dem Schützen sieht *).

§. 97. (Berge und Atmosphäre des Ringes.) Zu der Zeit, wo bloss die scharfe Kante des Ringes von der Sonne beschienen wird, sah Schröter die feine Lichtlinie desselben häufig unterbrochen, als wenn sie aus mehreren geraden Linien bestünde, die sich abwechselnd trennen und wieder vereinigen. Er schrieb diess einer Atmosphäre des Ringes und den darin vorgehenden Veränderungen zu. Herschel sah zu der Zeit, als nur noch ein sehr kleiner Theil der Kugel über den Ring hervorragte (wie in Fig. 65 und 67), diesen Theil viel spitziger als sonst, da er doch, wegen der Abplattung Saturns an seinen Polen, stumpfer aussehen sollte, was ebenfalls einer Atmosphäre des Ringes zugeschrieben wurde, wofür auch noch die Erscheinung spricht, dass zu der Zeit, wo die Erde noch auf der dunklen Seite des Ringes steht, doch die Kante desselben auch schon schwach beleuchtet gesehen wird.

*) Alles, was sich über die Gestalt des Saturnringes, wie er von der Sonne oder auch von der Erde gesehen wird, sagen lässt, ist in dem folgenden kurzen Ausdruck enthalten:

$$b = Sin.\ n\ Sin.\ m.$$

In demselben bezeichnet b die scheinbare kleine Halbaxe der Ellipse des Ringes, wenn die grosse gleich der Einheit angenommen wird; $n = 28^\circ\ 22'$ ist die Neigung der Ringebene gegen die Ekliptik, und m ist gleich der Länge des Knotens 166° 50′ weniger der heliocentrischen Länge Saturns, wenn man die von der Sonne gesehene Gestalt der Ellipse sucht — oder gleich 166° 50′ weniger der geocentrischen Länge Saturns, wenn man die von der Erde gesehene Gestalt der Ellipse kennen lernen will. Ist im ersten Fall $b = o$, so verschwindet der Ring, oder er erscheint nur als eine gerade Linie, weil seine erweiterte Ebene durch die Sonne geht. Ist aber b negativ, also m grösser als 180°, so wird die Nordseite des Ringes von der Sonne beleuchtet und umgekehrt. — Ist im zweiten Falle $b = o$, so verschwindet der Ring für uns, weil die erweiterte Ebene desselben durch die Erde geht. Ist aber b negativ, so bedeutet diess, dass die Nordseite des Ringes gegen die Erde gekehrt ist. Endlich ist für die verschiedenen Werthe von m der Ring für die Erde auch dann noch unsichtbar, wenn der Werth von b im ersten Falle ein anderes Zeichen hat, als im zweiten, weil dann die von der Sonne beleuchtete Seite des Ringes von der Erde weggewendet ist. Man sieht sonach, dass man durch jene einfache Gleichung die von der Sonne oder auch von der Erde gesehene Gestalt des Ringes für jede Zeit angeben kann, für welche man nur die heliocentrische oder geocentrische Länge Saturns kennt, die man nach dem Vorhergehenden (I. §. 116) leicht finden kann. Die obige Tafel ist nach dieser Gleichung berechnet worden. Dabei hat man auf die Breite Saturns keine Rücksicht genommen, da diese immer sehr klein ist und die Resultate jener Tafel nicht beträchtlich ändern kann.

Wenn der Ring nur als eine feine, gerade Lichtlinie erscheint, bemerkt man auf derselben mehrere helle Punkte, die man früher für Gebirge des Ringes hielt. Schröter schätzt die Höhe einiger dieser Berge bis zu der enormen Grösse von 200 Meilen über die Ebene dieses Ringes. So gewaltige Berge könnten schon als zusammenhängende Satelliten des Saturn angesehen werden, die durch ihre Vereinigung jenen Ring gebildet haben.

§. 98. (Ueber die Rotation des Ringes.) Dieselben Berge forderten gleichsam die beiden Beobachter, Herschel und Schröter, die damals mit den besten Fernröhren in Europa versehen waren, auf, durch sie die Rotation dieses Ringes um seinen Mittelpunkt, der zugleich der Mittelpunkt Saturns ist, zu bestimmen. Allein es ist auffallend und konnte auch lange nicht erklärt werden, dass diese beiden trefflichen Astronomen so ganz widersprechende Resultate aus ihren Beobachtungen abgeleitet haben. — Herschel fand aus der Ortsveränderung dieser lichten Punkte oder dieser Berge, im Jahre 1789, dass der Ring sich in 10½ unserer Stunden, also in derselben Zeit, wie Saturn, um seine Axe drehe. Schröter aber behauptete, dass diese lichten Punkte ihre Stellung gegen den Mittelpunkt Saturns gar nicht ändern, und dass daher der Ring nicht rotiren könne. Er sah nämlich auf der westlichen Anse einen, und auf der östlichen zwei ausgezeichnete Punkte immer in derselben unverrückten Lage, und um keinen Zweifel übrig zu lassen, beobachtete er diese lichten Punkte eine ganze Winternacht, durch mehr als acht Stunden, immer in derselben Stellung gegen den Planeten, da doch die Ringe während dieser Zeit, nach Herschel, beinahe eine ganze Rotation gemacht haben müssten. Diese ausgezeichneten Punkte, die er als die oben erwähnten, ungemein hohen Berge zu erkennen glaubte, waren auf der später sichtbar gewordenen südlichen Seite des Ringes gerade auf demselben Orte, wie früher auf der Nordseite, wieder zu sehen, und er schloss daraus, dass auf dem Ringe Saturns diese hohen Berge, wie zwei an ihrer Basis vereinigte Kegel, einander gegenüberstehen.

So viel aber auch diese Beobachtungen für sich zu haben schienen, und so gross das Vertrauen war, das man in die seltene Geschicklichkeit und die trefflichen Mittel, die dem Lilienthaler Beobachter zu Gebote standen, setzte, so konnten die Astronomen ein solches Resultat doch nicht wohl annehmen. — Nach theoretischen Gründen muss der Ring um seinen Planeten rotiren, weil sonst, bei der kleinsten Veränderung desselben, die Schwerpunkte der Ringe und des Planeten nicht mehr zusammenfallen und der Ring unausbleiblich auf den Planeten stürzen würde. Der einfache Zusammenhang der Elemente, aus welchen diese Ringe bestehen, würde die Erhaltung desselben nicht sichern, weil dann die dem Planeten nähern Elemente, durch die immer wiederholte Anziehung des letztern, sich am Ende von den Ringen getrennt haben würden. Diese Ringe müssen sich also ohne eine fremde Kraft, bloss nach dem Gesetze des Gleichgewichts, frei schwebend erhalten. Aber diess kann nur geschehen, wenn sie um eine Axe rotiren, die auf ihrer Ebene senkrecht steht und nahe durch den Mittelpunkt Saturns geht, so dass auf diese Weise ihre Schwere gegen den Planeten durch die Centrifugalkraft ihrer Umdrehung aufgehoben oder im Gleichgewichte erhalten wird. Die Theorie zeigt, dass eine durch diese Rotationsaxe auf

die Fläche des Ringes senkrechte Ebene diesen Ring in einer Ellipse schneiden muss, deren grosse Axe verlängert durch den Mittelpunkt des Planeten geht, und dass dann die Dauer der Rotation des Ringes sehr nahe dieselbe mit der Revolution eines Satelliten sein wird, der sich in der Entfernung des Mittelpunkts jener Ellipse um Saturn bewegt. Diese Revolution ist aber gleich $10^2/_5$ Stunden, und nahe so gross hat auch Herschel, durch seine Beobachtungen, die Rotation des Ringes gefunden. Die erwähnte Ellipse kann selbst für verschiedene Theile des Ringes veränderlich, also der Ring selbst von ungleicher Dicke sein, und die Beobachtung der Verschwindungen des Ringes scheint diese Ungleichheiten deutlich anzuzeigen. Ja diese Ungleichheiten sind vielleicht selbst nothwendig, das Gleichgewicht des Ringes zu sichern, denn wenn er in allen seinen Theilen völlig symmetrisch gebaut wäre, so könnte schon die geringste äussere Kraft, wie z. B. die eines Satelliten, hinreichen, ihn zu verrücken und ihn auf den Planeten zu stürzen. Demnach kann man diesen Ring als eine kreisförmige Reihe von an einander hängenden Satelliten von ungleicher Grösse, als eine Krone von Monden ansehen, die durch die Wirkung der Sonne und durch die Störungen der acht Monde, welche den Saturn umgeben, kleineren oder grösseren Oscillationen unterworfen ist, die aber doch im Allgemeinen immer dieselbe mittlere Lage beibehält.

§. 99. (Erklärung dieser Widersprüche.) Da sonach, der Theorie und den Beobachtungen Herschel's zufolge, der Ring in der That um seinen Planeten rotirt, so musste die Beobachtung Schröter's, oder doch die von ihm daraus gezogene Folgerung, fehlerhaft sein. Olbers war der erste, der uns zeigte, dass die Erscheinung, die Schröter in Lilienthal so oft gesehen hatte, ihren Grund nicht in den vermeinten Bergen des Ringes, sondern in der Erleuchtung desselben durch die Sonne habe.

Seien *fh*, *gk* . . (Fig. 62) die Gesichtslinien, unter welchen man von der Erde aus die Fläche der Ringe sieht. Offenbar werden dann diejenigen Gesichtslinien unter allen die hellsten scheinen, von welchen der grösste Theil in der That durch die beiden Ringflächen geht, weil diese allein, nicht aber die zwischen ihnen und der Kugel enthaltenen leeren Räume das Licht zurückwerfen. Betrachten wir mehrere dieser mit *fh* parallelen Linien, so wird zuerst die, zunächst an dem Rande der Kugel, durch *n* gehende Linie die beiden Ringflächen in vier Theile schneiden, deren Summe aber offenbar immer grösser werden wird, je weiter die Gesichtslinie von *n* nach *fh* rückt und in *fh* selbst wird diese Summe am grössten sein, also auch hier der Ring am hellsten erscheinen. Von *fh* weiter gegen *gk* wird diese Summe abnehmen, und nahe bei *gk* am kleinsten sein. Von da wird sie wieder wachsen und in *gk* selbst neuerdings ihren grössten Werth erhalten, wo also der Ring neuerdings am hellsten, aber nicht ganz so hell wie in *fh* erscheinen wird, weil die Summe der beleuchteten Theile der Gesichtslinie in *gk* offenbar kleiner, als in *fh* ist. Je weiter dann diese Gesichtslinien von *gk* gegen *o* noch wegrücken, desto kleiner wird dieser beleuchtete Theil, bis er endlich an dem äussersten Rande *o* des Ringes gänzlich verschwindet.

Es werden sich daher, die Ringe mögen rotiren oder nicht, und sie mögen in der Gestalt der breitesten Ellipse oder auch in der einer

geraden Linie erscheinen, immer zwei Lichtknoten auf jeder Seite der Kugel zeigen, von welchen der hellere in der Richtung von *fh* und der minder helle in der von *gk* sein wird, und in diesen Stellen hat auch Schröter in der That seine vermeinten Berge beobachtet, während Herschel, mit seinen noch bessern Fernröhren, andere, wahre Erhöhungen auf der Oberfläche des Ringes aufgefunden und dadurch die Rotation derselben der Wahrheit gemäss bestimmt hat.

Auf andere Unregelmässigkeiten in der Beleuchtung der Ringe während ihrer kleinsten Phase, die von gegenseitigen Lichtreflexen der Ringkanten rühren, hat Bond zuerst aufmerksam gemacht. Grössere Schwierigkeiten bietet die Erklärung der sonderbaren Umrisse des Schattens der Kugel auf den Ringen.

§. 100. (Anblick des Ringes vom Saturn aus gesehen.) Die Freunde des gestirnten Himmels, wie er uns von der Erde schon so schön erscheint, werden ihn ohne Zweifel für die Bewohner Saturns noch viel schöner denken. Wenn der sanfte Schimmer des Mondes, der unsere Nächte so lieblich beleuchtet, den Beschauer schon zu erhabenen Betrachtungen bewegt, welche Genüsse wird er dort erwarten, wo der Sternenhimmel nicht minder reich an Schönheiten aller Art ist, wo noch überdiess acht Monde das Dunkel der Nacht erhellen, und wo ein grosser Ring, der sich gleich einem Strahlenbande um den ganzen Himmel schwingt, in immer abwechselnden Stellungen die Aufmerksamkeit des staunenden Beobachters auf sich ziehen muss.

One Moon to us reflects its cheerful light,
There many attendants brighten up the night.
Here the blue firmament bedecked with stars,
There over head a lucid arch appears.

Barker.

Aber ich besorge sehr, dass unsere Dichter, wenn sie auf diesen Planeten versetzt werden sollten, sich sehr bald wieder zu uns zurückwünschen würden. So sehr sie auch ihre kleine nächtliche Lampe lieben mögen, die viel kleinere Sonne, wie sie dort erscheint, und die matte Beleuchtung derselben, die den hellsten Mittag Saturns nur unserer tiefsten Dämmerung gleich macht, würden ihnen wohl wenig behagen. Der äusserst schnelle Wechsel des Tages mit der Nacht, der Unterschied dieser beiden Zeiten, der dort viel grösser ist, als bei uns, und endlich die vier streng von einander gesonderten Jahreszeiten, deren jede 7½ unserer Jahre, also dreissigmal länger als bei uns dauert, alle diese Verhältnisse würden, wenigstens auf unsere vegetabile und animalische Welt ohne Zweifel einen sehr ungünstigen Einfluss äussern, besonders wenn wir die von dem Aequator Saturns entfernten Gegenden bewohnen müssten, da bei weitem der grösste Theil einer jeden Hemisphäre dieses Planeten, zur Zeit seines Winters, durch volle vierzehn unserer Jahre in der Finsterniss der Nacht begraben bleibt.

Da die Ebene des Ringes mit der des Aequators des Planeten zusammenfällt, so geht er für die Bewohner dieses Aequators, für die heisse Zone, wenn sie dort anders noch diesen Namen verdient, ganz verloren, denn er schwebt für diese Bewohner immer in ihrem Scheitel, und sie sehen ihn nie der breiten Fläche, sondern bloss der Kante nach, der inneren Kante, die von der Sonne nie beleuchtet wird. Für sie zieht er sich also nur als eine dunkle Zone von etwa einem Grad

Breite über den ganzen Himmel, und weit entfernt, ihnen zu leuchten, verdeckt er vielmehr alle Fixsterne, vor denen er sich aufstellt, und selbst jene Monde Saturns, die sich, wie wir weiter unten sehen werden, in der Ebene dieses Ringes bewegen, sind für die Tropenländer Saturns häufig auf längere oder kürzere Zeit von dem Ringe bedeckt.

Wenn so die Bewohner des Aequators keine Ursache haben, sich dieses Ringes zu erfreuen, so sind die den Polen näheren Bewohner Saturns noch viel weniger in einem Zustande, der sie für uns beneidenswerth machen könnte. Die Einwohner der kalten Zonen, die von den beiden Polen bis zu 24 Graden abwärts wohnen, und die diesen Ring, ihrer fünfzehnjährigen Nächte wegen, noch am besten brauchen könnten, sehen ihn gar nicht. Denn für sie ist der Ring nicht mehr da, weil er dem Planeten zu nahe steht und daher immer unter dem Horizonte jener Polarländer sich aufhalten muss. — Erst diejenigen, die wenigstens 35 Grade von jedem der beiden Pole entfernt sind, erblicken den Ring in seiner ganzen Breite von nahe zwölf Graden, aber auch sie werden wenig Nutzen davon ziehen können, da sie ihn nur ganz nahe an ihrer Erde, oder da sie ihn nur an ihrem Horizonte sehen. Die noch näher an dem Aequator Wohnenden sehen ihn wohl höher, da er sich für sie immer mehr über dem Horizont erhebt, aber sie sehen ihn auch zugleich immer schmäler, bis endlich die Bewohner des Aequators selbst, wie bereits gesagt, nur mehr seine schmale, innere, von der Sonne nie beleuchtete Kante, d. h. bis diese ihn wieder gar nicht mehr sehen können.

Also nur diejenigen Bewohner Saturns, welche von dem Aequator, zu beiden Seiten desselben, bis 55 Grade entfernt sind, geniessen den Anblick des Ringes: für sie steht er, wie eine lichte Zone, wie ein Feuerbogen, am Himmel, und zwar für die dem Aequator näheren Länder hoch und schmal, für die entfernteren immer breiter, aber auch zugleich tiefer an dem Horizonte. Diese letzten allein könnte man also noch für die Begünstigten halten; allein auch diese Gunst ist nicht so gross, wie sie vielleicht auf den ersten Blick erscheinen mag. Von den zwei breiten Flächen des Ringes ist immer nur eine beleuchtet, und diese beleuchtete Seite kann nur von derjenigen Hemisphäre des Planeten gesehen werden, welche eben gegen sie gewendet ist. Diese Hemisphäre ist zugleich die gegen die Sonne gewendete, die ihren Sommer feiernde Hälfte Saturns; diese könnte aber, da sie ohnehin im Sonnenlichte schwimmt, jener Beleuchtung des Ringes noch am besten entrathen, während die andere, winterliche Hälfte, die solche Beleuchtung ihrer langen Nächte wegen am meisten brauchte, sie gänzlich entbehren muss. Dazu kommt noch, dass diese vordere, der Sonne zugewendete Hälfte Saturns, den beleuchteten Ring nur während ihres Tages sieht, wo ihr ohnehin die Sonne scheint, während bei Nacht, wo eigentlich die beleuchtete Seite des Ringes den Mangel des Sonnenlichtes ersetzen sollte, Saturn seinen eigenen Schatten auf den Ring wirft und ihn, in einer Art von Mondsfinsterniss wieder unsichtbar macht, während die ganze andere Hälfte Saturns, die eben Winter und ihre lange Nacht hat, gegen die unbeleuchtete Seite des Ringes gewendet ist, und diesen daher gar nicht sieht, vielmehr es sich noch gefallen lassen muss, dass ihr durch ihn die Sterne und selbst die Sonne, wo sie ohne Ring noch sichtbar sein könnte, verdeckt werden.

Ueber diese Verdunkelungen der Gestirne durch die Ringe für die Bewohner Saturns, hat uns Lardner mit interessantem Detail bekannt gemacht, von dem wir hier das Wichtigste mittheilen.

In allen saturnographischen Breiten unter 25° decken die Ringe bleibend keinen Theil des Himmels. Die scheinbare tägliche Bewegung der Gestirne combinirt sich mit der Lage der Ringe in der Art, dass jedes über den Horizont sich erhebende Gestirn zu irgend einer Zeit zwischen seinem Auf- und Untergang ausser die Ringe fällt. In den Breiten zwischen 25° und 45° wird eine schmale Zone des Himmels vom inneren Ringe beständig gedeckt, so dass alle in dieser Zone liegenden Gegenstände dem Saturnbewohner immer verborgen bleiben. In der Breite von 25° besteht diese Zone aus einem Parallel von etwa 1° Ausdehnung, und nimmt nach und nach an Breite zu. In der Breite von 45° beginnt eine ähnliche bleibende Deckung durch den äusseren Ring, und der betreffende Gürtel wächst wieder an Ausdehnung mit der saturnographischen Breite. So sind zwischen 45° und jener Breite, in welcher die Ringe völlig unter dem Horizonte verschwinden, diese beiden schmalen Zonen die einzigen durch die Ringe beständig gedeckten Theile des Himmels. Die Sonne wird also auch nur dann vom Aufgang bis zum Untergang unsichtbar, wenn sie, was zuweilen geschieht, in diejenige Declination tritt, welche diese Zonen begrenzen. Es ereignet sich demnach solches bleibendes Verfinstern der Sonne nur für kurze Zeit und bloss in gewissen Breiten. Häufig aber finden Verfinsterungen der Sonne von kürzerer Dauer statt, wenn die Sonne einen Theil ihres Tagbogens hinter den Ringen zurücklegt. Der Zwischenraum beider Ringe gestattet nur in den Breiten von 56° bis 58° seiner ganzen Länge nach Durchsicht auf den Himmel. Ueberall sonst sind nur Theile dieses Zwischenraumes offen. Von den Satelliten kann nur der achte für Gegenden, die nicht gerade im oder sehr nahe am Aequator liegen, von den Ringen gedeckt werden. Der achte Satellit aber, dessen Bahn gegen die Ringebene etwa um 13° geneigt ist, entwickelt in seiner monatlichen Bewegung unseren Sonnenfinsternissen analoge Erscheinungen.

Aber wenn nun die Bewohner Saturns sich an diesem Ringe, nach unseren Ansichten, nicht sehr ergötzen können, so werden vielleicht die Einwohner des Ringes selbst, wenn es deren gibt, einen desto angenehmeren Aufenthalt haben? — Unsere Leser werden diess leicht selbst beurtheilen können, wenn sie sich aus dem Vorhergehenden erinnern, dass jede der beiden breiten Seiten dieses Ringes abwechselnd durch fünfzehn unserer Jahre immerwährend Tag und eben so lange Nacht haben.

So unwirthlich aber auch dieser Planet sowohl, als auch sein Ring, für Geschöpfe unserer Art scheint, so unangemessen mag es doch sein, von dem, was uns schicklich oder unschicklich ist, sofort denselben Schluss auch auf andere Himmelskörper und auf andere Geschöpfe anzuwenden, deren Einrichtung und Organisation durchaus von der unseren verschieden sein kann, so dass, was uns nur Abscheu und Entsetzen, und vielleicht selbst einen schnellen Untergang verursachen würde, für jene ein erhabenes ja wohlthätiges Schauspiel sein mag, durch welches ihnen die Güte und die Allmacht des Schöpfers auf ihre Weise nicht minder geoffenbart wird, als es mit den Bewohnern der Erde durch diejenigen unserer individuellen Organisation an-

gemessenen Erscheinungen des Himmels geschieht, in welchen wir die Grösse und die Wohlthätigkeit des Urhebers der Natur so oft zu bewundern Gelegenheit haben.

Kapitel IX.

Uranus.

§. 101. (Entfernung und Umlaufszeit des Uranus.) In einer Entfernung von der Sonne, die beinahe doppelt so gross ist, als die des Saturn, wandelt Uranus, noch vor wenigen Jahren der äusserste bekannte Planet unseres Sonnensystems, seine grosse Bahn.

Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 402 Millionen Meilen. Ein schnell segelndes Schiff, das in jeder Stunde vier Meilen zurücklegt, würde diese Distanz erst in 11200 Jahren und der Schall, der in jeder Stunde 163 Meilen macht, in 275 Jahren erreichen, während das Licht mit seiner ungeheuern Geschwindigkeit nur 2 St. 41 M. braucht, um von der Sonne zu Uranus zu gelangen.

Da seine Bahn nahe kreisförmig ist, so kann er sich der Sonne im Perihelium nur auf 378 Millionen Meilen nähern und im Aphelium 425 Mill. Meilen von ihr entfernen. Von der Erde steht er zur Zeit der Opposition 357 und in der Conjunction 436 Mill. Meilen ab, wo er dort unter dem scheinbaren Durchmesser von $4^3/_{10}$ und hier unter dem Winkel von $3^1/_2$ Sekunden nahe als ein Stern der sechsten Grösse erscheint, daher man ihn auch mit unbewaffnetem Auge noch erkennen kann. Sein wahrer Durchmesser beträgt nahe 8200 Meilen.

§. 102. (Entdeckung, Name, Zeichen etc.) Dieser Planet wurde am 13. März 1781 von Herschel zu Bath bei London mit einem von ihm selbst verfertigten siebenfüssigen Teleskope entdeckt und an seiner bemerkbaren Scheibe (die Fixsterne erscheinen nur als untheilbare Punkte) und seiner Bewegung unter den Sternen sofort als Planet erkannt. Da er sich so langsam bewegt, dass er seinen Umlauf um die Sonne erst in 30587 Tagen oder in nahe 84 Jahren vollendet, so würde es lange gedauert haben, bis er einen so beträchtlichen Theil seiner Bahn zurückgelegt hätte, um daraus die Elemente derselben mit Sicherheit abzuleiten. Allein Bode hatte bald darauf in den Sternverzeichnissen Flamsteed's und T. Mayer's gefunden, dass diese beiden Astronomen den neuen Planeten bereits früher, jener im Jahr 1690 und dieser 1756, beobachtet hatten, dass sie ihn aber nur für einen der vielen Fixsterne hielten, da sie auf seine Bewegung nicht aufmerksam waren. Bald darauf wurden noch mehrere ältere Beobachtungen desselben aufgefunden, und dadurch wurde man in die Lage gesetzt, die Elemente dieses Planeten schon mit grosser Genauigkeit zu einer Zeit zu bestimmen, wo er seit seiner Entdeckung kaum den dritten Theil seiner Bahn durchlaufen hatte. Herschel wollte das neue Gestirn anfangs zu Ehren seines

Königes *Georgium Sidus* nennen; bald aber gewann Bode's Vorschlag ihm den Namen Uranus beizulegen, schon aus verwandtschaftlichen Rücksichten auf Jupiter und Saturn, die Oberhand. Als Zeichen wurde ♅ gewählt.

§. 103. (Grösse und Masse des Uranus.) Aus dem bereits erwähnten Durchmesser dieses Planeten von 8200 Meilen folgt, dass seine Oberfläche die der Erde nahe 21mal und sein Volum das der Erde 99mal übertrifft. Die Masse desselben ist 17mal grösser als die Erdmasse, aber die Dichtigkeit derselben ist nur der sechste Theil der Dichte der Erdmasse, also nahe so gross wie die Dichte unseres Wassers. Der Weg, welchen die Körper auf seiner Oberfläche in der ersten Sekunde ihres Falles zurücklegen, beträgt 11 ⅓ Fuss, also etwa vier Fuss weniger, als auf der Erde. Er selbst aber legt, auf seinem Weg um die Sonne, in jeder Sekunde nahe eine deutsche Meile zurück, so dass die Geschwindigkeit dieses Planeten nahe viermal kleiner ist, als die der Erde. Die Sonne erscheint auf diesem Planeten nur mehr unter einem Durchmesser von 100 Sekunden, nicht ganz noch einmal so gross, als uns die Venus, oder 19mal kleiner, als die Sonne uns erscheint, und in der Oberfläche 360mal kleiner, daher auch im Allgemeinen die Beleuchtung, welche Uranus von der Sonne erhält, 360mal kleiner, als die Beleuchtung der Erde sein wird.

Da dieser Planet so ungemein weit von uns entfernt ist, so wissen wir von seiner Oberfläche wenig mehr, als dass sie uns wie eine kleine, runde, matt aber durchaus gleichförmig beleuchtete Scheibe erscheint. Streifen und Flecken können wir auf dieser Fläche nicht mehr erkennen, also auch die Rotation dieses Planeten nicht bestimmen. Doch kann sie ihm nicht wohl mangeln, ja seine Umdrehung scheint sogar sehr schnell zu sein, da der ältere Herschel mit seinen starken Teleskopen eine bedeutende Abplattung an zwei einander gegenüberstehenden Punkten seines Umfangs bemerkt hat.

§. 104. (Satelliten des Uranus.) Derselbe vortreffliche Beobachter hat auch sechs Monde entdeckt, die sich um diesen Planeten bewegen. Allein die meisten derselben sind bisher nie wieder gesehen worden, da die Fernröhre aller andern Astronomen zu schwach sind, diese matten Lichtpünktchen erkennen zu lassen. Selbst der jüngere Herschel hat, mit den Teleskopen seines Vaters, nur zwei dieser sechs Satelliten des Uranus wieder zu Gesicht bringen können. Ueberhaupt gehören diese Monde und die zwei innersten des Saturn zu den lichtschwächsten und am schwersten zu sehenden Gegenständen des Himmels, und es wird vielleicht noch lange dauern, bis wir sie mit unseren dioptrischen Fernröhren ohne Anstand sehen werden, da diese in Beziehung auf die Oeffnung ihrer Objective, und also auch auf die Lichtstärke der durch sie gesehenen Gegenstände doch noch immer zu sehr hinter den grossen Spiegeln der katoptrischen Fernröhre zurückstehen. Demungeachtet scheinen diese Uranusmonde eine beträchtliche Grösse zu haben, weil sie sonst auch diese wenigen Beobachter nicht hätten sehen können. Unser Mond, in jene Entfernung versetzt, würde uns nur mehr unter einem Durchmesser von ¼ Sekunde erscheinen, und da sein Licht 360mal schwächer sein würde, so würden wir, auch mit unsern besten Fernröhren, wohl keine Spur mehr von ihm entdecken können. Vor Kurzem hat Lassell einen 7ten und 8ten Satelliten des Uranus entdeckt (*I.* §. 179). Wir kommen weiter unten auf diese Gestirne zurück.

§. 105. (Tages- und Jahreszeiten des Uranus.) Es ist bereits oben (*I.* §. 179) bemerkt worden, dass die Bahnen dieser Monde auf der Uranusbahn, die sehr nahe mit unserer Ekliptik zusammen fällt, beinahe senkrecht stehen. Da wir nun bisher bei allen Planeten die Satelliten derselben sich in der Ebene des Aequators ihres Planeten bewegen sehen, und da diess auch mit der Theorie der Entstehung dieser Satelliten übereinstimmt, so werden wir mit grosser Wahrscheinlichkeit auch annehmen können, dass der Aequator des Uranus nahe senkrecht auf seiner Bahn steht, oder dass die Schiefe der Ekliptik bei diesem Planeten nahe 90 Grade beträgt. Wir haben schon früher (*I.* §. 88) gezeigt, welche Folgen eine solche Einrichtung auf die Klimate und Jahreszeiten eines Planeten nach sich ziehen muss. Der Unterschied der Klimate wird nämlich auf Uranus beinahe ganz aufgehoben sein, das heisst, es wird in Beziehung auf den Stand der Sonne in verschiedenen Theilen des Jahres einerlei sein, ob das Land nahe bei dem Aequator oder nahe bei den Polen liegt, da jeder Punkt der Oberfläche dieses Planeten, selbst die beiden Pole nicht ausgenommen, im Laufe des Jahres die Sonne zweimal in seinem Zenithe sieht. Im Anfange des Frühlings und des Herbstes steht die Sonne in dem Scheitel derjenigen, die den Aequator bewohnen, während sie den beiden Polen nur in ihrem Horizonte erscheint, und während überall, auf der ganzen Oberfläche des Uranus, Tag und Nacht einander gleich sind. Allein nur kurze Zeit nach dieser Epoche werden selbst diejenigen, die in der Nähe des Aequators wohnen, schon einen bedeutenden Unterschied in der Länge ihrer Tage und Nächte bemerken, und im Anfange des Sommers oder des Winters wird der nördliche oder der südliche Pol die Sonne in seinem Zenithe sehen, und die diesen Polen zunächst liegenden Länder werden 42 unserer Jahre immerwährend Tag, und eben so lange wieder Nacht haben. Durch diese Einrichtung wird also auch der Unterschied der vier Jahreszeiten der grösstmögliche sein, oder mit andern Worten: so wenig es in Beziehung auf Temperatur, Beleuchtung, Vegetation u. f. darauf ankommen wird, ob man nahe bei dem Aequator oder nahe bei dem Pole wohnt, so viel wird darauf ankommen, ob der Süd- oder Nordländer auf jenem Planeten eben Frühling oder Sommer u. s. w. hat, da dort die Jahreszeiten, wegen der grossen Schiefe der Ekliptik, viel mehr von einander verschieden und viel schroffer von einander abgesondert sein müssen, als bei uns.

Welcher Art die Bewohner eines Planeten sein mögen, die ihre Sonne 360mal kleiner sehen als wir; die selbst im Mittage noch, mit unsern Augen betrachtet, im Finstern tappen; sich die grellsten Abwechslungen der Jahreszeiten und vor Allem eine Kälte gefallen lassen müssen, die, auf unserer Erde, allem Leben ein plötzliches Ende bereiten würde, — diess mögen unsere Leser selbst untersuchen, wo sie dann auch vielleicht ein Mittel finden werden, mit welchem sich die Leute im Uranus die Langeweile ihrer zweiundvierzig unserer Jahre dauernden Nächte vertreiben.

Kapitel X.

Neptun.

§. 106. (Entdeckung des Neptun.) Mehr als sechzig Jahre waren verflossen, seit der ältere Herschel durch die Entdeckung des Uranus die Kenntniss des Sonnensystems, das durch Jahrtausende mit Saturn abgeschlossen war, in der Art erweiterte, dass nun die Grenzen des Sonnengebietes in die doppelte Entfernung des Saturn hinausgerückt wurden. Aber die Beobachtungen des Herschel'schen Planeten, die seit dieser Zeit von den Astronomen mit grossem Fleisse angestellt wurden, zeigten, dass er nicht nur der Einwirkung der schon bekannten Planeten ausgesetzt sei, sondern dass noch besondere Kräfte auf ihn wirken, die seine Bewegung modificiren. Mehrere ausgezeichnete Astronomen, A. Bouvard, Bessel u. A. waren der Ansicht, dass ein ausserhalb Uranus um die Sonne kreisender, noch unbekannter Planet die Ursache dieser Anomalien in der Uranusbewegung sein könne; namentlich Bessel war von der Richtigkeit dieser Idee so überzeugt, dass er, wie er in einem Briefe an J. Herschel erwähnt, nähere Untersuchungen darüber anzustellen willens war, sobald er mit andern Arbeiten, die ihn damals (1836) beschäftigten, zu Ende wäre, und auch einen seiner Schüler aufforderte, die genauere Erforschung der Uranusbewegung in Angriff zu nehmen. Es war aber dem französischen Astronomen Le Verrier vorbehalten, diese schwierige und mühevolle Arbeit durchzuführen. Wir werden in der *III.* Abtheilung diesen Gegenstand ausführlicher besprechen, und bemerken hier nur, dass Le Verrier zuerst im Januar 1846 der Akademie der Wissenschaften zu Paris die Anzeige machte, dass er die Position des unbekannten Planeten, der die Bewegung des Uranus modificire, durch Rechnung ermittelt habe, und einen genäherten Ort desselben am Himmel zu geben im Stande sei. Im August 1846 theilte er der Akademie folgende aus den Störungen des Uranus gefundene Elemente des unbekannten Planeten mit:

Halbe grosse Axe	36.154
Umlaufszeit	217.387 Jahre
Mittlere Länge 1847, Januar 1,	318° 47′
Länge des Perihels	284 45
Excentricität	0.10761
Masse	$^1/_{9300}$ der Sonnenmasse

Am 23. September desselben Jahres erhielt Galle in Berlin ein Schreiben Le Verrier's mit der Aufforderung, den Planeten an dem nach diesen Elementen vorausberechneten Orte des Himmels aufzusuchen. Galle fand ihn noch an demselben Abende. Der Planet erhielt den Namen Neptun und als Zeichen den Dreizack (♆).

§. 107. (Entfernung, Umlaufszeit, Grösse und Satellit des Neptun.) Die mittlere Entfernung Neptuns von der Sonne nach den Beobachtungen ist 30.03, also sehr nahe 30mal so gross als die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne. In Meilen ausgedrückt, beträgt sie nahezu 621000000. Seine

grösste Entfernung von der Sonne ist 627 Mill., seine kleinste 615 Mill. Meilen. Die Entfernung von der Erde schwankt zwischen 648 und 594 Millionen Meilen. — Was die Umlaufszeit betrifft, so beläuft sie sich auf nahe 166 Jahre; doch muss man hierüber noch genauere Bestimmungen abwarten, indem die bisher bekannten Beobachtungen des Planeten einen zu kleinen Theil seiner Bahn umfassen, als dass man mit Sicherheit auf die Zeit eines ganzen Umlaufes schliessen könnte. — Der scheinbare, von der Erde aus gesehene Durchmesser fällt zwischen 2″.4 und 2″.7; sein wirklicher beträgt 7650 Meilen. Sein Durchmesser ist also 4½mal so gross als der Durchmesser der Erde, aber nur 1/25 vom Durchmesser der Sonne. Die Oberfläche des Neptun ist 184 Mill. Quadratmeilen, also fast 20mal so gross als die der Erde; sein Volum beträgt ¼ Billion Kubikmeilen, oder nahe das 88fache des Volumen der Erde, seine Masse endlich beiläufig 1/20000 der Sonnenmasse oder das 18fache der Erdmasse.

Lassell in Liverpool entdeckte sehr bald in der Nähe des Neptun einen Trabanten, der seither auch von mehreren andern, mit sehr lichtstarken Fernröhren ausgerüsteten Astronomen: Challis, O. Struve, Bond beobachtet wurde. Seine mittlere Entfernung vom Neptun beträgt 12.6 Halbmesser des letzteren, und seine Umlaufszeit ist sehr nahe 6 Tage. Mehrere Beobachter haben einen zweiten Satelliten und einen Ring geahnt.

§. 108. (Bewohner des Neptun.) Dieselben Betrachtungen, welche wir im §. 105 bei Gelegenheit der Bewohner des Uranus angestellt haben, könnten wir auch hier, und mit noch grösserem Rechte, wiederholen. Aber es ist ohne Zweifel Unrecht, die Zufriedenheit und das Wohlsein der Bewohner anderer Welten nach unseren Bedürfnissen abzumessen und sie sofort schon für unglücklich zu achten, weil wir uns, an ihre Stelle versetzt, nicht glücklich finden würden. Indess sind wir gezwungen, wenn wir von ihnen reden wollen, sie mit unseren Augen anzusehen und mit unserem eigenen Massstabe zu messen. Ohne daher über ihr Schicksal absprechen zu wollen, beschränken wir uns darauf, nur dasjenige zu betrachten, was uns in den Verhältnissen treffen würde, denen sie ausgesetzt sind, in Verhältnissen, die sie, mit einer andern Organisation und mit ganz anderen Einrichtungen versehen, auch wohl wieder mit ganz andern Augen ansehen werden. Es hat nicht an Solchen gefehlt, und unter ihnen haben sich selbst berühmte Astronomen gefunden, die sich diesen Spekulationen mit einer Art von Vorliebe hingegeben haben und die sich nicht damit begnügten, zu sehen, welchen Einfluss eine andere Einrichtung der Jahreszeiten, der Temperatur und Beleuchtung bei fremden Weltkörpern auf die Bewohner derselben, wenn sie im Allgemeinen uns ähnlich wären, hervorbringen würde, sondern die diese Spiele der Einbildungskraft oder ihre schwärmerischen Träume auch noch auf die übrigen körperlichen und geistigen Eigenschaften der Bewohner jener Planeten fortgesetzt haben. Es mag uns, zum Schlusse dieses Gegenstandes, erlaubt sein, einige dieser Phantasien zur Erheiterung der Leser hier anzuführen.

§. 109. (Wahrscheinlichkeit, dass die Planeten bewohnt sind.) Zuerst wollen wir bemerken, dass es allerdings sehr wahrscheinlich ist, dass auch jene Weltkörper mit Geschöpfen aller Art bedeckt sind, und dass auch dort zahllose organische Wesen sich ihres Lebens erfreuen. Auf unserer

Erde finden wir jedes Sandkorn, jeden Wassertropfen belebt — wie sollten so unermessliche Kugeln ganz ohne Bewohner sein! Auf unserer Erde finden wir ferner, nicht bloss bei den Thieren, wo die Abstufungen unendlich sind, sondern selbst bei den Menschen, welche die verschiedenen Gegenden der Erde bewohnen, bei dem Lappländer und dem Neger, so grosse Unterschiede — wie sollten sie bei den Bewohnern des Merkur und des Neptun nicht noch viel grösser, und warum sollte es einer lebhaften Einbildungskraft nicht gegönnt sein, diese Unterschiede aufzusuchen, und sie denjenigen Verhältnissen, die wir von jenen Planeten kennen, so gut wir nun eben können, anzupassen? Vorausgesetzt, dass man bei den allgemeinen Bestimmungen stehen bleibt, ohne sich übrigens in das Detail der geistigen oder körperlichen Vorzüge einzulassen, die jene uns gänzlich unbekannten Geschöpfe vor uns haben, oder auch entbehren mögen.

§. 110. (Huyghens' Meinungen über die Bewohner der Planeten.) Diess hat aber Huyghens in seinem bekannten *Cosmotheoros*, wenigstens in dem ersten Theile desselben, gethan, und er hat darin an dem Cardinal Cusa, an dem unglücklichen Bruno und selbst an Kepler, in des Letzteren *Somnium astronomicum*, schon Vorgänger gehabt, deren Fussstapfen er nur verfolgen und weiter ausbilden durfte. So meint Huyghens, dass auf allen diesen Welten, so verschieden sie auch von unserer Erde sein mögen, doch immer Wasser zu finden sein muss, weil ohne dieses weder vegetabilisches noch animalisches Leben gedacht werden kann; ein anderes Wasser übrigens, als das unsere, da dieses im Saturn gewiss nur als Eis vorhanden sein könnte, und da es im Merkur schon längst in Dampf verwandelt sein würde. Wo aber eine solche Flüssigkeit ist, da müssen sich auch, wie er weiter glaubt, Pflanzen finden, die eben so wachsen, wie bei uns, indem sie mit ihren Wurzeln die Flüssigkeit des Bodens, und mit ihren Blättern die der Luft einsaugen und verarbeiten. Wo Pflanzen sind, werden auch Thiere sein, die sich von diesen Pflanzen nähren, und die da eben so wachsen und sich fortpflanzen, wie bei uns. Wo ferner Wasser ist, muss auch eine Atmosphäre sein, weil jenes ohne die letzte schnell verdunsten und alle Meere und Flüsse austrocknen würden. Diese Atmosphäre ist aber vielleicht bei manchen Planeten gar sehr von der unsern verschieden, und sie ist etwa bei Jupiter so dicht, dass wir in derselben, wie in unserem Wasser, schon schwimmen könnten, daher die grossen Streifen und die soliden Wolken, die wir auf der Oberfläche dieses Planeten bemerken. Mit diesem Allem noch nicht zufrieden, lässt Huyghens diese Welten auch von vernünftigen Geschöpfen bewohnt sein, damit es auch dort Wesen gebe, die über die Wunder des Himmels nachdenken und die Grösse des Schöpfers in seinen Werken verkündigen können. Denn wozu sollte der Mensch, dieses nimmer ruhende Ursachenthier, wie es Lichtenberg nennt, hieher versetzt worden sein, oder warum sollte diese kleine Erde jenen grössten aller Vorzüge allein besitzen? — Auch soll kein Zweifel sein, dass der Verstand jener Leute ganz derselbe mit dem unsern ist, und dass, was hier als wahr, als gerecht, als gut erkannt wird, auch dort dafür erkannt werde, so wie, dass sie ganz dieselben Sinne haben, wie wir. Denn, sagt er, wenn sie nun z. B. keine Augen hätten, wie sollten sie ihr Futter suchen, ihre Freunde erkennen, ihre Feinde fliehen, und warum sollte denn die Sonne über ihnen scheinen, wenn sie sich doch

nicht sehen können und wenn sie bloss unter der Erde, wie unsere Maulwürfe und Regenwürmer, sich aufhalten? Er wendet sich selbst ein, dass es vielleicht auf manchen dieser Planeten mehrere Gattungen vernünftiger Wesen geben könne, allein er findet bald, dass diess der Weisheit der Natur nicht gemäss wäre, weil diese vernünftigen Thiere verschiedener Art sich durchaus nicht vertragen und sehr bald einander aufreiben würden. Da wir es nicht wagen, diese sonderbare Lobrede auf die Vernunft hier umständlich wiederzugeben, so mag es hinreichen, nur den Grund dieser Unverträglichkeit mit den eigenen Worten des Verfassers anzuführen: *quia nempe, si plura forent eadem ingenii sagacitate, nocere deberent sibi invicem ac de possessionibus et imperio inter se contendere, quod eheu nunc quoque faciunt nimis frequenter, licet unius generis sint, qui in Terra hac dominantur.* Demungeachtet nimmt er keinen Anstand, Gelehrte aller Art dort in Menge wachsen zu lassen, besonders aber Astronomen, an denen es auf jenen anderen Welten durchaus nicht fehlen darf. Dadurch will er aber andere Gattungen, die er wenigstens für eben so nothwendig hält, nicht eben ausgeschlossen haben. So behauptet er, dass die Menschen nur desshalb nackt zur Welt kommen, damit sie, von der Noth getrieben, Gelegenheit bekommen, ihre geistigen Kräfte immer mehr zu entwickeln und selbst für ihre Kleidung zu sorgen, was die übrigen Thiere nicht nöthig haben; woraus er dann den Schluss zieht, dass es auch in jenen Welten eben so wenig an grossen Gelehrten, als an geschickten Schneidern fehlen kann, und dass überhaupt Alle, so wie wir, gesellschaftlich zusammen leben, sich des gegenseitigen Gesprächs erfreuen, zuweilen auch, bloss der Abwechslung wegen, einander necken und plagen und ihr Leben vergiften, oder sich in ihren Schlachten zu Tausenden morden mögen, und was dergleichen löbliche Unterhaltungen mehr sind. Ob diese vernünftigen Wesen aber auch das Fleisch der übrigen, unvernünftigen Thiere essen, oder ob sie, den Lehren ihres Pythagoras gehorchend, bloss von Pflanzen leben, wagt er nicht zu entscheiden; doch geht seine Meinung dahin, dass es vielleicht nur die ausschliessende Bestimmung der Menschen ist, *ut multorum aliorum pernicie et caede vivere debeant.* Auch wegen der Statur dieser vernünftigen Geschöpfe ist er in einiger Verlegenheit. Er weiss wohl, dass seine Vorgänger auf diesem Felde die Bewohner der Planeten im Verhältnisse dieser ihrer Wohnorte angenommen und z. B. behauptet haben, dass die Menschen auf Jupiter und Saturn zehn- bis fünfzehnmal grösser, als unsere Elephanten oder gar als unsere Wallfische sein müssten. Aber dieser Schluss scheint ihm doch viel zu gewagt, da die Natur nicht einmal die Grösse dieser Planeten selbst nach ihrer Entfernung von der Sonne abgemessen hat. So ist der entferntere Mars kleiner, als die nähere Venus, und eben so ist Saturn kleiner, als Jupiter, und jener hat einen Ring, während dieser, der grösste unter allen Planeten, sich ohne allen Ring begnügen muss. Andere meinten wieder, die Menschen auf jenen grossen Planeten müssten sehr klein und nicht viel grösser als unsere Mäuse sein. Allein auch diess kann er nicht gelten lassen, und zwar aus dem völlig hinreichenden Grunde, weil dann diese Mäuse als Astronomen, deren Existenz schon früher erwiesen worden ist, die grossen Instrumente nicht mehr gehörig handhaben und rectificiren könnten *).

*) Deinde cum siderum scientias et observationes apud eos exerceri ostende-

Man sieht, wie unvollkommen diess Alles ist, und wie viel sich dagegen sagen lässt. Doch mag es wohl auch seine eigenen Schwierigkeiten haben, sich auf diesem Felde solche *exspatiationes ingenii*, wie Kepler die ungeregelten Ausflüge der Phantasie genannt hat, mit Hoffnung auf eine nützliche Ausbeute zu erlauben. Es würde ohne Zweifel den Lesern lehrreicher und angenehmer zugleich gewesen sein, wenn uns Huyghens auch nur einen einzigen Sinn mehr, ausser den bekannten fünf, genannt hätte, mit welchem die Bewohner der anderen Planeten begabt sein könnten.* Und warum hat er ihn nicht genannt? — Weil er nicht kann, und weil wir Alle es ebenfalls nicht können. Wir würden nicht mehr Menschen sein, und die uns umgebende Natur würde uns ganz anders erscheinen, wenn uns einer unserer fünf Sinne fehlte, oder wenn uns im Gegentheile noch ein Paar solcher Löcher mehr, wie unsere Augen oder Ohren sind, in die Haut geschnitten wären und wir noch einen sechsten Sinn erhalten hätten. Aber welcher Art soll dieser Sinn sein? — Von einem Sinne kann man sich doch nur wieder eine sinnliche, keine transcendente Vorstellung machen, und um diess zu thun, muss man zuvor den Sinn selbst haben. So wie aber der Blindgeborne Unrecht haben würde, die Unmöglichkeit des Sehens zu behaupten, eben so wenig dürfen auch wir an der Möglichkeit noch anderer Sinne zweifeln. Die Beschaffenheit unserer Erde scheint der Art, dass wir alle Genüsse, die sie uns, den Menschen und den Thieren, anbietet, durch jene fünf Kanäle in uns aufnehmen können. Allein ein anderer Planet, eine andere Natur wird vielleicht auch andere Sinne voraussetzen, und wir haben keinen Grund, zu behaupten, dass auf jedem Planeten nur die Erscheinungen unserer Erde immer wieder kommen werden.

Obschon es also wohl am klügsten wäre, über diese Dinge, von welchen wir nichts wissen und nichts wissen können, auch weiter nichts zu sprechen, so haben, wie gesagt, doch mehrere schätzbare Astronomen sich erlaubt, einige ihrer Nebenstunden einem Ausfluge in jene unbekannten Gegenden zu widmen, und so wird es auch uns gegönnt sein, diese Sache weiter zu verfolgen und die Ausbeute, die jene von ihren Excursionen zurückgebracht haben, etwas näher anzusehen.

Auf diese Weise hat sich auch Huyghens mit den bereits angeführten, allgemeinen Bemerkungen über jene Weltkörper nicht begnügt, sondern er versuchte es, auf jeden einzelnen derselben herabzusteigen und uns einige nähere Nachrichten von ihm mitzutheilen.

Auf dem Merkur, sagte er, wo die Sonnenscheibe siebenmal grösser als bei uns erscheint, herrscht eine so intensive Hitze, dass alle unsere Pflanzen verdorren, und wir selbst in kurzer Zeit zu Grunde gehen müssten. Die Pflanzen und Thiere sind daher dort so eingerichtet, dass sie diese höhere Temperatur sehr gut ertragen, und dass sie sich in einem Zustande wohl befinden können, den wir für das grösste Unglück ansehen müssten. Die Bewohner dieses Planeten glauben gewiss, dass wir vor Kälte schon längst Alle erstarrt sind, wie wir wohl dasselbe z. B. von den Leuten im Uranus glauben, während wir Alle, jeder in

rimus, sequitur, ut et corpora nacti sint lignis metallisque tractandis, inque instrumenta machinasque adaptandis idonea. At homunciones, muribus non majores, non possent siderum animadversiones instituere, nec instrumenta parare aut disponere etc.

seiner Welt, uns doch recht wohl befinden. Da, fährt Huyghens weiter fort, mit der Wärme das Leben des Körpers sowohl, als auch die Kraft und Lebhaftigkeit des Geistes so innig zusammenhängt, so ist nicht zu zweifeln, dass die Hermopoliten uns armen Erdbewohnern an geistigen Fähigkeiten weit überlegen sind. Warum aber, fragt er sich selbst, warum gilt nicht dasselbe auch von den Bewohnern Afrika's oder Südamerika's, die es doch auch viel heisser haben, als wir, und die demungeachtet an Geisteskraft den Europäern so weit nachstehen? Dazu kommt, dass wir, indem wir die Bewohner Merkur's durchaus für Genies erklären, die von Jupiter und Saturn aus demselben Grunde für Dummköpfe halten müssten, was ihm denn doch wieder leid thut, da diese Leute, bei ihren vielen Monden, eine so schöne Gelegenheit zu astronomischer Bildung haben, daher er denn auch die ganze Sache lieber auf sich selbst beruhen lassen will. Dadurch von weiteren Versuchen dieser Art abgehalten, wagt er es auch nicht, uns seine Meinungen von den Bewohnern der anderen Planeten mitzutheilen, sondern er beschränkt sich bloss auf die Klimate und Jahreszeiten derselben und auf den Anblick des Himmels, dessen Verschiedenheiten er für die einzelnen Standpunkte der Beobachter aufzählt.

§. 111. (Kircher's Meinung von den Bewohnern der Planeten.) Nicht so vorsichtig benahm sich Kircher in seinem bekannten *Iter ecstaticum*. Dieser Jesuit fingirt eine Reise, die er an der Hand eines Genius, von Planeten zu Planeten, gemacht hat, und erzählt uns, was ihm daselbst zu Gesichte gekommen sein soll. Seine Phantasie scheint lebhaft genug, aber nicht gehörig geregelt, noch durch hinlängliche Kenntnisse unterstützt gewesen zu sein. Dabei setzt dieser alte Gegner des Kopernicus voraus, dass sämmtliche Planeten unbewohnt seien, und dass man auf ihnen nicht einmal Pflanzen und Bäume finde, wodurch er sich selbst alle Mittel zu artigen Erfindungen, um die es sich hier allein handelte, abgeschnitten hat. Den Einwurf, dass bei dieser Voraussetzung die Planeten ganz unnütz sind und eben so gut völlig wegbleiben könnten, widerlegt er dadurch, dass er beweist, sie seien alle der Erde und zwar der astrologischen Einflüsse wegen da, die sie auf der Erde ausüben. Diesem gemäss fand er auf der Venus Alles gar lieblich und schön, wie es dem Wohnsitze der Liebesgöttin ziemt; ein sanftes Rosenlicht war über den ganzen Planeten ausgegossen, Wohlgerüche dufteten rings umher, Zephyre säuselten in das Gemurmel der Bäche, und ringsum glänzte Alles von Gold und Edelsteinen. Auf dem Jupiter fand er die Luft äusserst rein und gesund, das Wasser spiegelhell und die Erde selbst wie Silber glänzend. Wie konnte er auch anders, da, nach der Lehre der Astrologen, der Einfluss dieser beiden Planeten auf die Menschen durchaus nur der glücklichste ist, und da die von ihnen begünstigten Leute bald durch Schönheit und Liebenswürdigkeit, bald durch männlichen Muth und hohen Verstand ausgezeichnet werden. Auch im Merkur war es noch erträglich, nur ging es ihm daselbst zu lebhaft und quecksilberartig zu, aus Ursache, weil die in seinem Zeichen Gebornen mit Leichtsinn und schalkhaftem Wesen begabt zu sein pflegen. Ganz anders war sein Empfang auf dem Mars, dem rauhen Kriegsgotte, wo er Alles fürchterlich und abschreckend sah, wo grosse Ströme von flammendem Pech sich über ihr Ufer ergossen und ganze Länder in dichten, erstickenden Rauch hüllten. Noch schlechter endlich war es

auf Saturn, der ihm als ein weites, einsames, finsteres Grab erschien, von dem nichts als Unheil zu erwarten war, daher er sich denn auch so geschwinde als möglich wieder von ihm zu entfernen suchte. Man weiss nämlich, wie übel die zwei letzten Planeten bei den Astrologen angeschrieben waren, daher sich auch hier nichts Gutes von ihnen sagen liess. Da diese kurzen Besuche nicht hinreichten, unsern Reisenden vollständig zu unterrichten, so wendet er sich noch mit einigen nachträglichen Fragen an seinen Genius, der ihm dann erzählt, dass das Firmament keineswegs von Krystall sei, wie Kircher mit vielen Andern bisher glaubte, sondern dass es eine Art von Wasser, ein grosser Ocean wäre, in welchem die Sonne, die Planeten und die Fixsterne, wie Fische, herumschwimmen, dass aber die Bewegungen dieser Fische von eigenen Genien geleitet würden, die denselben mit einem Stabe ihre Bahn im Wasser vorzeichnen; dass übrigens dieses Wasser, so wie das, welches die Bäche der Planeten bildet, kein gewöhnliches, sondern ein ganz anders beschaffenes Wasser sei, daher auch mit demselben ein Jude oder Heide nicht gültig getauft werden könne, und was dergleichen Dinge mehr sind, die wir weiter zu erzählen Anstand nehmen, da sie in der That nicht bloss für einen Genius, sondern selbst für einen solchen Schüler eines Genius gar zu albern sind, als dass man länger bei ihnen verweilen könnte.

§. 112. (Fontenelle's Ansichten von den Bewohnern der Planeten.) Hören wir dafür noch, auf welche Weise Fontenelle diesen Gegenstand in seinen bekannten Dialogen über die Mehrheit der Welten behandelt. — Auf dem Merkur, sagt er, ist die Hitze so unmässig, dass die guten Leute daselbst, die nun aber seit so langer Zeit auch hoffentlich daran gewöhnt sind, wenn sie plötzlich in die Mitte Afrika's versetzt würden, vor Kälte klappern und am Ende ganz erfrieren müssten. Unser Gold und Silber muss dort, der ungeheuern Hitze wegen, im beständigen Flusse sein, wie bei uns das Quecksilber*), und da dieses geschmolzene Metall das eigentliche Wasser ihrer Ströme ausmacht, so lassen es sich die guten Leute wohl nicht einfallen, dass es andere Welten gibt, wo man dieses Wasser nur als harten Körper kennt und dasselbe als Münzen bei sich in der Tasche herumträgt. Seine Tage müssen offenbar sehr kurz sein**), oder er muss sich sehr schnell um seine Axe drehen, weil sonst die armen Leute auf diesem Planeten von der glühenden Esse, die über ihren Häuptern schwebt, ganz gebraten werden müssten. Daher dürfen wir uns auch nicht sehr verwundern, wenn wir einmal hinkommen und sehen, dass sie Alle im Kopfe nicht recht richtig sind, dass den meisten das Gehirn verbrannt ist, und dass sie stets lustig und leichtsinnig***) wie die Kinder und die Narren in den Tag hinein leben, und nur froh sind, wenn die kühle Nacht wieder kommt, wo sie von ihren Sprüngen und von der Sonnenhitze etwas ausruhen können.

*) Fontenelle hat hier, wie sonst öfter, übertrieben, und seine Farben etwas zu stark aufgetragen. Auf Merkur ist die Beleuchtung und also vielleicht auch die Temperatur, nur sechs- oder siebenmal grösser, als bei uns, allein zum Schmelzen des Goldes und Silbers müsste die Hitze einige tausendmal grösser sein.

**) Sie sind aber nahe so lang, als die Tage der Erde.

***) Der Uebersetzer Fontenelle's, Bode, macht dazu ganz ernsthaft die Bemerkung: »Sonderbar! Man findet doch sonst bei uns, in Berlin, dass eine grosse Hitze den Geist eher schläfrig und träge, als lebhaft mache.«

Was nun weiter die Venus betrifft, so sind die Bewohner derselben lauter Seladons und Sylphiden, Romanenhelden und Heldinnen, verliebte Zeisige, die, wie unsere Dichter, von nichts als Liebe girren und sich damit einander oft ganz entsetzliche Langeweile machen. Von Philosophie, Mathematik und andern ernsthaften Dingen ist da das ganze Jahr keine Rede, nicht einmal Zeitungen lesen sie und überhaupt gar keine Bücher, weil sie vor lauter Liebeleien nicht dazu kommen können, ausgenommen den weinerlichen Siegwart und die jämmerliche Palmela, die aber dort in allen Sprachen übersetzt und schon; so lang sie auch sind, von den kleinsten Kindern in den Schulen auswendig hergesagt werden müssen. Und dabei ist dieses verliebte Völkchen das hässlichste von der Welt, schwarz, von der Sonne halb zu Kohlen verbrannt, aber dabei doch immer lustig und munter. Nirgends soll es mehr Dichter oder wenigstens Versemacher geben, der Musik, der Tänze und Festgelage soll dort gar kein Ende sein, und kurz, wenn sie, wie übrigens alle Bewohner heisser Gegenden, nicht gar so mässig lebten, denn sie sollen beinahe nichts essen und bloss von der Luft sich nähren, so würde man das bekannte schöne Distichon unseres Schiller, womit er eine grosse Haupt- und Residenzstadt des ehemaligen h. römischen Reiches so treffend geschildert hat, ohne alle Umänderung auf sie anwenden können.

Von dem Planeten Mars, sagt unser Verfasser ganz kurz, weiss ich gar nichts Merkwürdiges anzuführen, daher er es auch nicht verdient, dass wir uns weiter bei ihm aufhalten.

Bald sollte man es, fährt er fort, mit Jupiter eben so machen, obschon er der grösste unter allen Planeten ist. Warum nämlich sollten wir uns so sehr um ihn bekümmern, da er sich doch um uns so wenig annimmt, da er wahrscheinlich nicht einmal von unserer Existenz etwas weiss. Unsere Erde erscheint ihm als eine 144mal kleinere Scheibe, als er uns erscheint, und wenn daher die Leute dort keine Fernröhre oder keine Adleraugen haben, so können sie uns mit aller Anstrengung nicht einmal sehen. Und wenn ja einmal ein glücklicher Astronom mit einem Riesenrefractor das kleine schimmernde Lichtpünktchen *) sieht und seine grosse Entdeckung in den Journalen ankündigt — was wird die Folge davon sein? — Der grosse Haufe wird es nicht lesen oder darüber lachen; die Philosophen, mit deren System die neue Entdeckung nicht übereinstimmt, werden nichts davon glauben; eine andere Gattung von Leuten werden den armen Astronomen bis in den Tod verfolgen, und noch ein anderer, nicht eben klügerer Theil wird — neutral bleiben und sich um die ganze Sache, d. h. um uns alle hier unten, nicht weiter kümmern.

Aber die Jupitersbewohner, mit den Entdeckungen auf ihrem eigenen Planeten so sehr beschäftigt, dass ihre Colombo's wahrscheinlich nicht Zeit haben, an uns zu denken, werden, wenigstens nach unseren geographischen Kenntnissen zu schliessen, kaum den hundertsten Theil

*) Die Erde erscheint dem Jupiter nur unter einem Durchmesser von drei Sekunden und immer sehr nahe bei der Sonne, von der sie sich nie über eilf Grade entfernt, so dass sie, wenn unsere Erde je dort sichtbar ist, immer nur kurz vor dem Aufgange oder gleich nach dem Untergange der Sonne an dem Horizonte des Beobachters bemerkt werden kann.

ihrer Länder und Völker kennen, während die Bewohner Merkurs wahrscheinlich sich allesammt schon längst kennen und wohl gar ganz wie die Einwohner unserer Dörfer unter einander verwandt sind. Ueberhaupt aber mag es mit der Astronomie dieser guten Leute im Jupiter sehr schlecht stehen. Denn auch von der Venus und dem Merkur wissen sie nichts, da jene nur 8 und dieser nur 4 Grade sich von der Sonne entfernt und also immer in ihren Strahlen schwimmt. Selbst von dem ihnen nächsten grossen Planeten, dem Saturn, werden sie weder den Ring, noch die Monde sehen, wenn anders nicht ein zweiter Galilei auch bei ihnen schon das Fernrohr erfunden hat. An den eigenen vier Monden werden sie sich vielleicht schadlos halten und die beinahe täglich vorfallenden Finsternisse derselben wahrscheinlich ohne jene Furcht beobachten, die uns so lange geplagt hat. Doch dürfen wir daraus nicht schliessen, dass sie nicht an anderen, vielleicht grösseren Uebeln leiden, und wenn sie uns gleichen, so werden sie gewiss auch ein Vorurtheil, oder einen Aberglauben nur verlassen, um dafür zehn andern, eben so thörichten, anzuhängen. Die jahrelangen Nächte, welche auf Jupiter und Saturn herrschen, könnten allerdings der praktischen Astronomie sehr förderlich sein, aber die Kälte dieser Jahreszeiten ist wahrscheinlich wieder so gross, dass die meisten ihre warme Stube allen andern Unterhaltungen vorziehen werden. Wenn die Natur auf Saturn und Uranus nicht andere Mittel gefunden hat, Wärme zu erregen, als bei uns, so müssen die Bewohner derselben für die Kälte ganz unempfindlich sein, und wir würden sie, wenn sie plötzlich nach unserem Lapplande versetzt würden, vielleicht augenblicklich vor Hitze umkommen sehen. Das Wasser ihrer Flüsse, wenn es anders unserem Wasser ähnlich, wird unsern polirten Steinen, und selbst der bei uns nie frierende Weingeist wird unsern Diamanten gleichen. Unter solchen Verhältnissen kann man sich die Leute in diesen von der Sonne entfernten Weltkörpern nicht gut anders, als sehr träg und phlegmatisch denken, und während die des Merkurs stets tanzen und lachen, mögen die im Saturn oder im Uranus, wie unsere Austern, an den Stellen liegen bleiben, wo sie geboren sind, und nicht einmal wissen, wie man fröhlich sein und lachen kann.

Doch genug und wohl schon mehr als genug von diesen Dingen, die wir nicht kennen und wahrscheinlich auch nie kennen lernen werden. Mögen wir uns zufrieden stellen, dass wir von der Natur auf einen Ort im Weltraume gewiesen worden sind, der von allen jenen Extremen, der von der Hitze Merkur's und von der Kälte Neptun's gleich weit entfernt ist, und wenn jener alte Philosoph den Göttern dankte, dass er ihn zum Menschen und nicht zum Thiere geschaffen hat, dass er ein Grieche und nicht ein Barbar geboren ward, so wollen auch wir es dankbar erkennen, dass wir auf dem unserer Organisation angemessensten, auf einen mittlern, gemässigten Planeten, und wir Europäer überdiess auf die gemässigte Zone desselben versetzt worden sind, und dass wir uns vieler Wohlthaten erfreuen und Tausende von Genüssen erlauben können, für welche die Bewohner des Senegals oder des Eismeeres keinen Sinn haben oder ihn nur zu ihrem eigenen Unglücke haben könnten, da sie ihn nicht zu befriedigen vermöchten.

Kapitel XI.

Der Mond.

§. 113. (Betrachtungen über eine Reise in den Mond.) Die vorzüglichsten astronomischen Erscheinungen des Mondes haben wir bereits oben (*I.* Kap. X.) angegeben. Hier wollen wir dasjenige kurz zusammen stellen, was uns über die physische Beschaffenheit seiner Oberfläche bekannt geworden ist.

Diese würden wir nun allerdings am besten kennen lernen, wenn es uns gegönnt wäre, eine Reise in den Mond zu machen und ihn in der Nähe zu untersuchen. Da aber bisher noch Niemand, so viel wir wissen, eine solche Reise unternommen hat, so wollen wir zuerst zusehen, welche Hoffnung wir haben, dass wenigstens in der Zukunft ein Unternehmen dieser Art von irgend einem unter uns glücklich ausgeführt werde.

Erstens ist es etwas weit von uns bis zu dem Monde, obschon er unter allen andern Himmelskörpern uns am nächsten steht, und wer sich nicht einer besondern Geduld und Ausdauer bewusst ist, wird besser thun, zu Hause zu bleiben. Seine mittlere Entfernung von uns beträgt 51805 d. Meilen. Unsere Dampf-Eilwägen können in jeder Stunde 10 Meilen zurücklegen, sie würden also erst in 216 Tagen, den Tag zu 24 Stunden genommen, dort ankommen. Mit unseren Postwagen, die täglich etwa 25 Meilen machen, würde man den Mond erst in $5^2/_3$ Jahren erreichen, und diese Zeit wird doch wohl manchem unserer ungeduldigen Reisenden etwas zu lange dünken. Da aber, wo keine feste Strasse ist, auch kein Wagen gebraucht werden kann, so müssten wir uns schon bequemen, zu Schiffen, und zwar zu Luftschiffen, unsere Zuflucht zu nehmen. Wenn uns dann das Glück so gut wollte, dass wir immer mit frischem Winde segeln könnten, der in einer Sekunde etwa 15 Fuss zurücklegt, so werden wir zu unserer Reise $2^1/_2$ Jahre brauchen; eine noch immer viel zu lange Zeit für alle die, welche sich, der andern Unfälle, die auf solchen Reisen begegnen könnten nicht zu erwähnen, vor dem grössten aller Uebel, vor der Langweile, fürchten, die dort kaum ausbleiben wird, wo rechts und links von der Strasse — gar nichts ist, was die Aufmerksamkeit des Reisenden auch nur einen Augenblick auf sich ziehen könnte. Durch Stürme allerdings könnte diese Reise nicht wenig befördert werden. Unsere Orkane legen in einer Sekunde gegen 60, ja wohl 100 Fuss zurück. Auf den Flügeln eines solchen Sturmwindes würde man also schon in 136 Tagen an Ort und Stelle ankommen, aber — wie ankommen! Wer mag es wagen, sich einem solchen Geleitsmanne anzuvertrauen! — Zwar gäbe es noch andere und wohl auch sehr expeditive Mittel, diese Reise in noch viel kürzerer Zeit zu vollenden. Das Licht z. B., das in 8 Minuten 13 Sek. von der Sonne bis zu uns kommt, würde von uns bis zum Mond schon in $1^2/_5$ Sekunde, also, wie wir sagen können, in einem Augenblicke kommen. Aber dergleichen

Fahrzeuge sind nicht für uns eingerichtet, die wir nicht bestimmt sind, auf Sonnenstrahlen zu reiten.

Wir müssen also doch wohl wieder zu unsern Luftschiffen zurückkehren. — Aber auch hier werden sich bald noch andere Hindernisse zeigen. Unsere Aëronauten haben bekanntlich noch immer kein Mittel gefunden, ihr Schiff im conträren Winde zu leiten und einer sichern Direction zu unterwerfen. Wie leicht ist es dann möglich, dass uns diese Herren, statt nach dem Mond, in das grosse, uferlose Weltenmeer hinausführen, *unde negant redire quemquam*, in jenen gränzenlosen Raum, in welchem wir nicht nur den Mond nie erreichen, sondern am Ende selbst noch unsere Erde aus dem Gesichte verlieren würden!

Ja selbst, wenn diese Direction in der Macht unserer Führer stände, welche Richtung sollen sie nehmen, um sicher auf dem Monde anzukommen? Ich fürchte, diese Herren würden sehr in Verlegenheit kommen, wenn sie diese Frage beantworten und den Kompass vorzeigen sollten, der ihnen den wahren Weg zum Ziele zeigen wird. Ihr Abfahrtspunkt, die Erde, ist bekanntlich eben so beweglich, wie das Ufer, dem sie entgegensteuern sollen. Jene, die Erde, legt in jedem Tage über 355000 Meilen um die Sonne zurück, fliegt also mit einer Geschwindigkeit durch den Himmelsraum, die mit der unserer Kanonenkugeln nicht weiter verglichen werden kann; und dieser, der Mond, begleitet sie auf ihrem Wege, indem er stets in grossen Spiralen oder Schlangenlinien um sie tanzt und seine Geschwindigkeit jeden Augenblick ändert. Während die Erde in einer einfachen Ellipse jährlich um die Sonne geht, läuft ihr Begleiter in einer Entfernung von 51800 Meilen in derselben Zeit $12\frac{1}{3}$mal um die Erde, so dass seine wahre Bewegung einer aus 12 bis 13 Knoten zusammengeschlungenen Schnur gleicht, die aber so wunderbar verworren ist, dass sie in vielen Tausend Jahren nicht wieder in sich selbst zurückkehrt, weil nämlich jene monatlichen Knoten der Mondsbahn mit dieser jährlichen Schnur der Erdbahn kein gemeinschaftliches Mass haben und jene daher immer in andere Stellen von dieser fallen müssen.

Allein mit dieser Schwierigkeit ist es noch lange nicht gethan. Eine viel grössere wird uns die Schwere oder die sogenannte Anziehung der Erde sowohl, als auch die des Mondes selbst, bereiten. Die Schwere der Erde wird nicht zugeben wollen, dass sich das Schiff von ihr entferne, da sie Alles festhält, was zu ihr gehört, und da wir noch gar kein Beispiel haben, dass ihr etwas von dem, was sie einmal als ihr Eigenthum erklärt hat, hätte entwendet werden können. Wenn wir aber auch, obschon ich durchaus kein Mittel dazu sehe, dieses Hinderniss überwinden und uns heimlich aus dem Bereiche der Erde entfernen könnten, so werden wir, indem wir dann wohlgemuth weiter schiffen, bald darauf in den anderen Bereich, in die Attractionssphäre des Mondes kommen, der dieselbe löbliche Eigenschaft besitzt, alles festzuhalten, was er einmal, mit Recht oder Unrecht, als sein Eigenthum erklärt hat. Er hat diese Unart wahrscheinlich von der Erde, deren Trabant er schon so lange ist, gelernt, wie sich denn immer die Diener gern nach ihren Herren, wenigstens in ihren Fehlern, zu richten pflegen. Ja, es scheint sogar, als ob dieselbe Sitte sich auch auf gewisse zweibeinige Thiere ohne Federn auf dieser Erde fortgepflanzt habe, die es im Kleinen eben so zu machen pflegen, wie die Erde und der Mond im Grossen. Diese

Habsucht also, oder diese Herrschlust, oder, wie man auch zuweilen zu sagen pflegt, diese Attractionskraft des Mondes wird die Ursache sein, dass unser Luftschiff, wenn es demselben einmal nahe genug gekommen ist, nun recht eigentlich zu ihm herab fallen, ja mit einer solchen Heftigkeit herab stürzen wird, dass das ganze Fahrzeug, und wir mit ihm, nur ganz zertrümmert und in dem elendesten Zustande daselbst ankommen können, wodurch daher, selbst wenn alles Vorhergehende auf das Glücklichste abgelaufen wäre, der ganze Zweck der Expedition doch wieder verloren gehen müsste.

Womit sollen wir überdiess unsere Aërostaten füllen? — Mit irgend einer Luftart ohne Zweifel, die dünner und leichter ist, als die, in der wir segeln wollen. Allein unsere atmosphärische Luft ist, in der Höhe von etwa drei Meilen über der Oberfläche der Erde, schon so dünn, dass der sogenannte leere Raum unter unsern Luftpumpen dagegen als sehr dicht angesehen werden kann, und weiter ab hat alle Luft, also auch alles Schiffen in der Luft ganz und gar ein Ende. Wir werden daher, nur um uns von der Erde zu erheben, auf eine Kraft denken müssen, die uns von der Erde so stark abstösst, dass wir, wie eine aus der Mündung der Kanone tretende Kugel, durch diesen Stoss bis zu dem Mond geschleudert werden. Diese Kraft müsste, wie man durch Rechnung zeigen kann, so gross sein, dass sie unser Schiff, in der ersten Sekunde seiner Abfahrt von der Erde, durch 41000 Par. Fuss treiben könnte. Eine so entsetzliche Geschwindigkeit ist nahe dreissigmal grösser als die einer Kanonenkugel im Anfange ihres Laufes. Wer von uns wird aber auch nur auf einer solchen Kugel und daher noch viel mehr auf einem so viel schnelleren Schiffe fahren wollen, das ohne Zweifel gleich in dem ersten Augenblicke durch die Gewalt des Stosses selbst zertrümmern müsste!

Wie wird es dann mit unsern Lungen stehen in den Gegenden, wo keine Luft mehr ist? Sollen wir uns einen Vorrath davon in Schläuchen mitnehmen? Sie werden keinen kleinen Raum einnehmen, da wir alle die Zeit unserer Reise davon zehren sollen. Und wenn wir endlich auf dem Monde ankommen und unsern Vorrath erschöpft finden, sind wir nicht wieder, wo wir früher waren? Denn unglücklicher Weise ist auch auf dem Monde selbst keine Luft, wenigstens gewiss keine solche, die der menschlichen Lunge angemessen ist.

Endlich, was vielleicht zuerst hätte gesagt werden sollen, da es gewiss den meisten unserer Reisenden, mehr als alles Vorhergehende, jede Lust rauben wird, von der Parthie zu sein — auf der ganzen langen, endlosen Strasse gibt es nicht nur keine guten, sondern überhaupt ganz und gar keine Gasthäuser, ja nicht einmal eine Karavanserei, wo man, wenn auch nicht essen und trinken, doch wenigstens eine Weile ausruhen könnte. Dieser Umstand wird, ich fürchte sehr, die allermeisten unserer Reisenden, selbst viele der sogenannten wissenschaftlichen nicht ausgenommen, zurückschrecken. Wer von ihnen wird es der Mühe werth finden, so lange Zeit ohne einen guten Tisch, ohne weiche Lager, ohne alle Unterhaltung zu sein und mit Ungemach aller Art zu kämpfen, um am Ende einige Steine oder einige getrocknete Pflanzen, die Niemand von uns brauchen kann, aufzulesen, oder irgend eine Entdeckung zu machen, ohne die wir gewiss auch noch leben können, aus dem einfachen aber hinreichenden Grunde, weil wir bisher ohne sie gelebt haben, eine

Entdeckung, auf die am Ende doch nur wieder da und dort ein obscurer Gelehrter einiges Gewicht legen und die von allen andern, selbst von denen ignorirt werden wird, die etwa nach uns dieselbe Reise machen und, unseren *Guide de Voyageur* in der Hand, sich informiren wollen, nicht, welche Entdeckungen für die Wissenschaften wir gemacht haben, sondern nur wo guter Wein und schmackhafte Braten zu bekommen sind.

Man sieht aus allem Vorhergehenden hoffentlich zur Genüge, dass es besser sein wird, uns noch ein Weilchen hier unten zu begnügen und aus dem Thal der Thränen, das wir bewohnen, jene Gefilde der Freude mit sehnsuchtsvollen Augen, oder was noch besser sein möchte, ganz harmlos, aber dafür mit guten Fernröhren anzuschauen.

§. 114. (Vortheile, die uns die Entfernung des Mondes zu der bessern Kenntniss desselben gewährt.) Der Umstand, dass wir uns immer in einer artigen Entfernung von dem Monde halten müssen, wird uns allerdings manche einzelne Merkwürdigkeit desselben verbergen, und wir dürfen nicht hoffen, die Oberfläche desselben so gut kennen zu lernen, als diess wohl geschehen könnte, wenn wir auf ihr herumgehen und jeden einzelnen Theil derselben mit dem Mikroskope untersuchen könnten. Aber derselbe Umstand hat auch wieder, wie alle Dinge in dieser besten Welt, seine gute und sehr schätzenswerthe Seite. Wegen dieser Entfernung lernen wir den Mond im Grossen viel besser kennen, als wir ihn in einer grösseren Nähe ausnehmen würden, und wir sehen vielleicht manches von den Eigenschaften desselben auf den ersten Blick, von dem die Leute im Monde, wenn sie anders existiren, selbst nichts wissen. Unsere Urtheile, und so wahrscheinlich auch die der Mondsbewohner, hängen einmal von den Umständen, von unseren Stellungen zu den Gegenständen ab, über die wir urtheilen. Was uns zu nahe ist, können wir eben so wenig deutlich sehen, als was zu weit von uns absteht, und so, wie wir gewöhnlich unter allen Menschen uns selbst am wenigsten kennen, weil wir uns selbst zu nahe stehen, so mögen auch die Seleniten unsere Erde in mancher Beziehung viel besser kennen, als wir selbst, weil sie uns auch zu nahe steht.

§. 115. (Wie dem Monde die Erde erscheint.) Wir haben bereits oben (*I*. §. 161) von den Lichtabwechslungen gesprochen, welche die Erde dem Monde zeigt und die ganz denjenigen ähnlich sind, welche wir selbst an dem Monde bemerken, nur mit dem Unterschiede, dass jene den Mondsbewohnern in einem viel grösseren Massstabe erscheinen, da ihnen die Erdscheibe dreizehnmal grösser vorkommt, als uns die Scheibe des Mondes. Wenn wir Neumond haben und daher nur die dunkle Seite des Mondes, also eigentlich den Mond gar nicht sehen, weil er in *A* (Fig. 33) zwischen uns und der Sonne steht, so sehen dafür die Bewohner der uns zugekehrten Seite des Mondes die Erde *T* als eine runde und ganz beleuchtete Scheibe, oder sie haben, wenn man so sagen darf, Vollerde, während wir Neumond haben. Wenn aber der Mond zwei Wochen später nach *C* kommt, und für uns der Sonne gerade gegenüber steht, so sehen wir seine ganze beleuchtete Scheibe, während die Bewohner der uns zugekehrten Hälfte des Mondes von der Erde *T* nur die von der Sonne abgewendete oder dunkle Seite der Erde sehen, oder die Mondsbewohner haben Neuerde, während wir Vollmond haben. Wenn nnn diese Seleniten so gute Augen haben, wie wir, so werden sie nicht nur diese Lichtphase, sondern auch die verschiedenen Flecken bemerken,

welche auf der Oberfläche unserer Erde von dem Festlande, den Inseln und den verschiedenen Meeren derselben gebildet werden, und die sich ohne Zweifel durch ihre Farben sowohl, als auch durch die verschiedene Reflexion der Sonnenstrahlen unterscheiden. So werden sie, wenn es bei uns Mittag und Neumond ist, Europa, Asien und Afrika als eine zusammenhängende hellere Masse erblicken, die auf allen Seiten von einer dunklen, ebenen Fläche, dem Meere, umgeben ist. Nach zwölf unserer Stunden aber sehen sie auf der grossen Erdscheibe beinahe die ganze Scene geändert. Denn nun ist die sogenannte alte Welt für sie verschwunden, und dafür liegt Amerika mit den vielen Inseln des Südmeeres vor ihren Blicken. Auf diese Weise haben die Bewohner des Mondes, und nicht bloss die Gelehrten unter ihnen, ohne Zweifel schon vor Jahrtausenden und zwar auf den ersten Blick Manches gesehen, worüber sich unsere Geographen und Astronomen lange gestritten haben. Amerika z. B. war ihnen lange vor Columbus, und Australien lange vor Cook schon bekannt, und die bei uns so spät gelöste Frage von einer Durchfahrt am Nordpole oder von dem grossen Lande am Südpol ist bei ihnen schon längst entschieden, da Jedermann, der nur eben Augen hat, alle diese Dinge in jedem Monate beinahe dreissigmal vor sich auf- und untergehen sieht. Die grosse Ueberschwemmung, von welcher wir nur mehr dunkle Sagen haben, obschon sie vielleicht das ganze damals bekannte Menschengeschlecht getroffen hat, haben sie ohne Zweifel eben so ruhig angesehen, als sie jetzt noch den Zug unserer Kriegsheere und das Gewühl unserer Schlachten betrachten, in denen sich unsere Brüder, oft ohne zu wissen, warum, in einer Stunde zu Tausenden morden. Eine Stadt, wie Wien z. B., von 3000 W. Klaftern im Durchmesser, würde, vom Monde gesehen, unter dem Winkel von 3½ Sekunden, also nahe eben so gross, wie uns Uranus, erscheinen. Ueberhaupt sehen wir eine Linie von 0.22 Meilen oder 5020 P. Fuss Länge auf der Oberfläche des Mondes, von der Erde betrachtet, unter dem Winkel von einer Sekunde, daher wir Gegenstände im Monde, die bloss unsern einzelnen Häusern, Feldern etc. gleichen, noch nicht deutlich unterscheiden können. Der schöne, runde Fleck Plato im Monde, der zehn deutsche Meilen im Durchmesser hat, wird schon mit einem Fernrohr von zehnmaliger Vergrösserung, unter dem Winkel von 45 Sekunden sehr deutlich gesehen. Mit einer Vergrösserung von 200 würde man in einem lichtstarken Fernrohre wohl schon Gegenstände im Monde erkennen, die eine halbe Meile im Durchmesser haben und daher unter dem Winkel von $2\frac{3}{10}$ Sekunden erscheinen. Es scheint daher keinem Zweifel unterworfen, dass die Seleniten, wenn sie anders den unseren ähnliche Augen haben, unsere grossen Städte, Flüsse u. dgl. sehen können, und dass sie vielleicht im Grossen viel richtigere Karten von unserer Erde besitzen, als alle unsere topographischen Anstalten zusammen genommen, die sehr in Verlegenheit kommen würden, wenn sie uns die genauen Karten von dem Innern Afrika's oder Neuhollands vorzeigen sollten.

Indem wir so gesehen haben, wie dem Monde die Erde erscheint, wollen wir einer besonderen Eigenheit der Erscheinung des Monds für die Erde gedenken, die so einfach ist, dass sie auch dem gemeinsten Manne, bei einiger Aufmerksamkeit, nicht entgehen kann. — Wenn die Bahn des Monds genau in der Ebene der Ekliptik läge, so würde uns

der Mond, zur Zeit seiner Culmination, nie höher, als die Sonne zu Mittag im Sommer, und nie tiefer, als die Sonne zu Mittag im Winter erscheinen. Allein die Mondsbahn ist gegen die Ekliptik um den Winkel von 5° 9′ geneigt, und die Knoten der Mondsbahn gehen in nahe 19 Jahren ganz um die Erde herum etc. (*I.* §. 164). Daraus folgt sofort, dass der höchste und tiefste Stand des Monds im Meridian auch um 5° 9′ von dem höchsten und tiefsten Stand der Sonne im Mittag verschieden sein kann. Während nämlich die nördliche oder südliche Declination der Sonne nie 23° 28′ übersteigt, kann die grösste Declination des Monds bis auf 28° 37′ sich erheben und zu einer anderen Zeit wieder nur bis zu 18° 19′ gehen. Allein diese fünf Grade sind es wohl nicht, die dem gemeinen Manne besonders auffallen werden, und er wird daher immerhin noch ferner annehmen können, dass die Bahnen des Monds und der Sonne zusammenfallen. — Das aber, was auch er schon öfter bemerkt hat, ist, dass der Mond zur Zeit seines Vollmonds im Winter immer sehr hoch, und im Gegentheile im Sommer immer sehr niedrig im Meridian steht. Diese auf den ersten Blick sehr auffallende Erscheinung erklärt sich aber offenbar ganz leicht aus der einfachen Bemerkung, dass der Mond, zur Zeit seines Volllichtes, der Sonne immer gerade gegenüber steht, und dass er also im Winter, zur Zeit des Vollmonds, in demjenigen Theile der Ekliptik sich aufhält, den die Sonne nur im Sommer einnimmt, und da dieser Theil der Ekliptik am höchsten über dem Aequator steht, so muss auch der Mond, zu jener Zeit, sehr hoch über dem Aequator, also auch sehr hoch über unserm Horizonte stehen. Im Sommer aber hat, zur Zeit des Vollmonds, das Gegentheil statt. In Wien z. B. ist die grösste Höhe der Sonne im Sommer 65° 16′, und die kleinste im Winter 18° 20′. Also wird auch die Höhe des Monds, zur Zeit seines Volllichtes, im Winter auf 65° 16′ und im Sommer nur auf 18° 20′ steigen, ja wegen der oben erwähnten Neigung der Mondsbahnen gegen die Ekliptik kann die erste Höhe des Monds, im Winter, sogar auf 70° 25′ sich erheben, und die zweite im Sommer bis auf 13° 11′ herabsinken, und eine so grosse Differenz von mehr als 57 Graden wird auch wohl dem unaufmerksamsten Beobachter endlich auffallen müssen.

§. 116. (Tages- und Jahreszeiten auf dem Monde.) Ueber das sonderbare Verhältniss der Jahres- und Tageszeiten, das auf dem Monde herrscht, haben wir schon oben (*I.* §. 164) gesprochen. Wegen der äusserst geringen Schiefe seines Aequators gegen seine Bahn, von bloss 6⁶⁄₁₀ Graden, verschwindet der Unterschied der Jahreszeiten beinahe gänzlich, und die Sonne steht dort beinahe immer im Aequator oder im Zenithe der Bewohner dieses Aequators, daher auch alle übrigen Bewohner des Mondes, so lange sie ihren Ort auf der Oberfläche desselben nicht ändern, die Mittagssonne, im Sommer wie im Winter, immer sehr nahe in derselben Höhe über ihrem Horizonte bemerken, die Bewohner des Aequators in ihrem Scheitel, und die Polbewohner immerwährend in ihrem Horizonte, so dass also gleichsam dort ein ewiger Sommer und hier ein ewiger Winter herrscht, während in den Zwischengegenden ein immer dauernder Frühling seine Wohnung aufgeschlagen hat. Auch sind die Tage auf dem Monde beinahe durchaus den Nächten an Länge gleich, nicht wie bei uns im Sommer länger und im Winter kürzer. Solcher

Orte, wie unsere Polarländer, denen die Sonne im Sommer lange Zeit nicht unter- und im Winter nicht aufgeht, gibt es im Monde nicht.

Die Temperatur auf der Oberfläche des Mondes ist übrigens nicht so gleichförmig vertheilt, wie auf der Erde. Bei uns werden die näher bei den Polen liegenden Gegenden in ihrem Sommer beträchtlich erwärmt, so wie auch die heisse Zone zur Zeit der Solstitien wegen des schiefen Standes der Sonne wieder etwas abgekühlt wird. Nicht so auf dem Monde, wo die den Polen näheren Orte die Sonne immerfort tief an ihrem Horizonte und die dem Aequator nahen Orte sie immer in ihrem Scheitel sehen, wo also der Sommer sowohl, als auch der Winter an bestimmte und unveränderliche Gegenden gebunden ist.

Noch mehr sind die Tageszeiten des Mondes von denen der Erde verschieden. Wir haben bereits oben (*I.* §. 165) gesagt, dass der Tag in weiterem Sinne des Wortes, d. h. die Zeit zwischen zwei nächsten Aufgängen der Sonne bei den Seleniten gleich dem Jahre derselben ist. In der Zeit von einem Neu- oder Vollmonde zum andern, d. h. in $29\frac{1}{2}$ unserer Tage, bewegt sich der Mond, in Beziehung auf die Sonne, um die Erde und zugleich (*I.* §. 163) um seine Axe; jenes ist sein Jahr und diess sein Tag. In dieser Zeit von $29\frac{1}{2}$ Tagen werden nach und nach alle Theile des Mondes von der Sonne beschienen und jeder Ort auf demselben hat die Sonne ununterbrochen $14\frac{3}{4}$ Tage über und eben so lange unter seinem Horizonte. Klima und Erwärmung ist also auf diesem Himmelskörper sehr ungleich vertheilt, aber die Beleuchtung ist dafür desto gleichförmiger, und keine Zone sieht die Sonne längere Zeit, als die andere, da auf dem ganzen Monde Tag und Nacht beständig sehr nahe gleich sind und jede dieser Zeiten $14\frac{3}{4}$ unserer Tage dauert, so dass die Mondbürger in $29\frac{1}{2}$ unserer Tage die Sonne und alle Sterne nur einmal auf- und untergehen sehen.

§. 117. (Wie auf dem Monde der Himmel erscheint.) Allein bei dieser, zwar sehr langsamen, aber allgemeinen Umwälzung der Himmelskörper gibt es doch einen, der an dieser Bewegung keinen Theil nimmt, und in absoluter Ruhe am Himmel zu stehen scheint, und dieser Himmelskörper, scheinbar grösser als alle übrigen, selbst viel grösser als die Sonne ist — unsere Erde. Da sich nämlich der Mond in derselben Zeit um die Erde bewegt, in welcher er sich um sich selbst dreht, und da der der Erde nächste Punkt seiner Oberfläche ihr auch immer der nächste bleibt, so dass er gleichsam, wie schon oben (*I.* §. 163) gesagt wurde, durch eine feste Stange unveränderlich mit uns verbunden ist, so folgt daraus, dass die Seleniten, so lange sie nur selbst ihren Ort auf dem Monde nicht ändern, unsere Erde immer in derselben Entfernung von ihrem Zenithe ruhig am Himmel stehen sehen. Die in der Mitte der uns sichtbaren Scheibe wohnenden Mondbürger sehen die Erde immer in ihrem Scheitel; die am Rande dieser Scheibe wohnenden sehen sie eben so immer in ihrem Horizonte; und die zwischen Rand und Mittelpunkt wohnenden endlich sehen die Erde das ganze Jahr durch stets in derselben, und zwar in einer um so grössern Höhe über ihrem Horizonte, je näher sie selbst bei dem Mittelpunkt der uns sichtbaren Mondscheibe sich aufhalten. Sonne, Planeten und alle anderen Gestirne des Himmels gehen für den Mond alle 14 oder 15 unserer Tage einmal auf und unter, aber für die Erde hat weder Auf- noch Untergang statt. Die Erde erscheint ihnen dreizehnmal grösser, als uns der Mond, und diese gewaltige Licht-

scheibe steht für sie fest und unveränderlich am Himmel, während sich alle anderen Gestirne, selbst die Sonne, in 29 ½ unserer Tage um diese Scheibe zu bewegen und täglich dreizehn Grade sich von ihr gen West zu entfernen scheinen. Welch' einen Anblick mag diess für die Bewohner des Mondes gewähren! Man kann nicht weiter zweifeln, dass die Gelehrten im Monde, die gleich den unseren für alles sofort ihre Gründe haben, diese auffallende Erscheinung des Stillstandes eines, alle anderen Gestirne an Grösse so weit übertreffenden Himmelskörpers, sehr scharfsinnig aus der dieser Grösse selbst höchst angemessenen Trägheit ableiten, und dass eben so ihre Dichter, wenn sie das Lob der Faulheit singen, unsere Erde als Muster und als das erhabenste Ideal derselben aufstellen werden. Und wer wird es den frommen Gemüthern dieses Volkes verargen können, wenn sie dieses ungeheure Gestirn mit seinem auffallenden Lichtwechsel als den Abglanz der Gottheit verehren, die in ewiger Ruhe ihren festgegründeten Thron einnimmt, während alle andern Gestirne des Himmels, Sonne und Planeten nicht ausgenommen, in abgemessenen Bahnen ehrfurchtsvoll vor ihr vorüberziehen!

§. 118. (Vordere und hintere Seite des Mondes.) Doch gilt diess erhabene Schauspiel nur denjenigen Mondbürgern, welche die vordere, gegen die Erde gewendete Hälfte des Mondes bewohnen. Die andern wissen nichts davon, da sie ewig von der Erde abgewendet sind und dieselbe nie sehen können. Sie haben daher auch wohl keine Ahnung von den herrlichen Erscheinungen, welche ihre Nachbarn auf der andern Hälfte täglich und stündlich geniessen, wenn sie nicht zuweilen von Reisenden, die aus jenen Gegenden zu ihnen kommen, davon Nachricht erhalten. Mit welchem Erstaunen mögen sie die Erzählungen derselben anhören, und mit welcher Andacht werden sie vielleicht in ganzen Karavanen ihre Wallfahrten nach den glücklichen Orten anstellen, wo ihnen der Anblick dieser Wunder des Himmels gegönnt ist! Diejenigen Seleniten, welche nahe an dem Rande der uns sichtbaren Scheibe wohnen, können diese Reise in kurzer Zeit vollenden, und die Genüsse, die sie erwarten, mögen die unserer sogenannten Reisen um die Welt wohl weit übertreffen.

Uebrigens haben diese glücklichen Bewohner der Vorderseite des Mondes noch einen andern nicht geringen Vortheil vor ihren Nachbarn auf der andern Seite voraus. Wir haben nämlich so eben gesehen, dass die Erde dem Monde ganz eben solche Lichtabwechslungen zeigt, wie der Mond uns, und dass die Bewohner des letzten die grosse Scheibe der ersten bald im Volllichte, bald in einem ihrer beiden Viertel, bald wieder im Neulichte sehen. Diese vier Phasen der Erde werden ihnen ohne Zweifel ein sehr bequemes Mittel geben, ihre langen Tage einzutheilen, so wie wir den Abwechslungen des Mondes unsere Wochen und Monate verdanken. Nebst dieser Eintheilung ihres Tages, oder was dasselbe ist, ihres Jahres in vier gleiche Theile, werden ihnen die grossen Flecken der Erde, die sich regelmässig ihren Blicken zeigen und wieder entziehen, als Mittel zu Unterabtheilungen jener Zeiten, als eine sehr genaue Uhr dienen. — Aber auch diesen Vortheil geniessen nur diejenigen, welche die vordere, uns sichtbare Seite des Mondes bewohnen, so wie zugleich nur die Nächte dieser Hemisphäre von der Erde, wenn diese im Volllichte ist, beleuchtet, und zwar dreizehnmal stärker als die Erde vom Vollmonde beleuchtet werden, während die andere Hemisphäre

zu derselben Zeit sowohl das Licht der Sonne als auch das der Erde völlig entbehren muss.

Indessen fehlt es dieser Vorderseite des Mondes auch nicht an Nachtheilen, die vielleicht die eben aufgezählten Vortheile völlig aufwiegen. Die Eigenthümlichkeit der Rotation des Mondes, vermöge welcher dieser Himmelskörper sich um seine Axe genau in derselben Zeit wie um die Erde dreht, führt nämlich nothgedrungen auf besondere Bedingungen des Stoffes, aus welchem des Mondes Masse besteht. Aus theoretischen Gründen folgt zunächst, dass der Mond, um jene eigenthümlichen Bewegungen haben zu können, ein Ellipsoid sein könnte, dessen grosse Axe gegen die Erde hin liegt. Verhielte sich z. B. diese Axe zu einer der beiden andern Axen, wie 21 zu 20, so müsste der Mond bei den unter dem Namen Librationen (siehe unten §. 147) bekannten Schwankungen eine Veränderlichkeit seines Halbmessers bis zu 2″ zeigen. Hansen, dessen treffliche Untersuchungen unsere beste heutige Grundlage für die Kenntniss der Bewegungen dieses Himmelskörpers bilden, hat aus den Beobachtungen eine solche Veränderlichkeit des Mondhalbmessers nicht nachweisen können; wenn sie ja besteht, so muss sie doch viel weniger betragen, als der eben dafür angegebene Werth. Unter solchen Umständen erübrigt nur, das Innere des Mondes aus heterogener Materie bestehend anzunehmen. Daraus aber ergibt sich sofort die Frage, ob wie bei den Hauptplaneten auch beim Monde Mittelpunkt der Gestalt und Schwerpunkt zusammenfallen oder auseinanderliegen. Im letztern Falle lassen sich eine Menge Gesetze über die Dichte des Inneren aufstellen, welche theoretisch genügen. Eine sorgfältige Discussion der Beobachtungen aber lehrte Hansen, dass beim Monde der Mittelpunkt der Gestalt näher an der Erde liegt, als der Schwerpunkt. Er hat auf verschiedenen Wegen immer dasselbe Ergebniss gefunden, dass nämlich die gegenseitige Distanz der beiden Punkte 59,000 Mètres oder beiläufig 8 geographische Meilen (15 auf den Grad des Aequators) betrage, woraus sich eine bedeutende Verschiedenheit zwischen der uns zugekehrten und der von uns abgewendeten Hemisphäre des Mondes in Bezug auf Niveau, Klima und andere Verhältnisse ergibt. Da die Schichten gleicher Dichte sich gleichförmig um den Schwerpunkt lagern müssen, so wird, wenn der Mond im Allgemeinen die Gestalt einer Kugel hat, der Mittelpunkt der uns sichtbaren Hälfte des Mondes etwa 59,000 Mètres über dem mittleren Niveau liegen, und nahe eben so tief darunter das Centrum der anderen Hälfte. Aehnliche Verhältnisse würden Statt finden, wenn der Mond die Gestalt eines Ellipsoides hätte, dessen grosse Axe gegen die Erde hin liegt. Unter solchen Umständen darf es uns nicht wundern, wenn der Mond von der Erde aus gesehen als dürre Wüste erscheint, ohne Atmosphäre, ohne alle Zeichen von lebenden Thieren oder Pflanzen, denn wenn es auf der Erde verhältnissmässig hohe, also auf 216,000 Mètres oder 29 geographische Meilen sich erhebende Berge gäbe, so wäre auf ihren Gipfeln auch von Atmosphäre und allem, was damit zusammenhängt, keine Spur zu finden. Ganz anders kann es auf der uns unsichtbaren Hälfte des Mondes aussehen, hier mag sehr wohl eine Atmosphäre so wie animales und vegetabiles Leben sich vorfinden. Da die Ränder der uns zugekehrten Seite des Mondes im mittleren Niveau liegen, so haben wir, wenn überhaupt, so vor allem an diesen Rändern Hoffnung, Spuren einer Mondatmosphäre zu begegnen.

Fragt man nach den Ursachen dieses Zustandes des Mondes, so hält es Hansen nicht für unmöglich, dass vulkanische oder ähnliche Kräfte im Innern dieses Himmelskörpers auf einer Seite weit weniger Widerstand fanden, als auf der anderen, und so dort viel grössere Hebungen bewirkten als hier. Er ist geneigt zu glauben, dass die bekannten Rillen (§. 121) auf der Oberfläche des Mondes durch diese enormen Hebungen entstandene Sprünge sind.

§. 119. (Anblick des Mondes.) Mit unbewaffnetem Auge gesehen, erscheint uns der Mond als eine runde, ebene Scheibe, mit mehreren grauen Flecken bedeckt, die uns entweder ihr eigenes oder das von einem andern Körper erhaltene Licht, gleich einem Spiegel, zuwirft. Allein die Abwechslung seiner Lichtgestalten und die Abhängigkeit derselben von der Stellung des Mondes gegen die Sonne zeigt uns sehr bald, dass der Mond keine ebene Scheibe, sondern eine Kugel ist, und dass diese Kugel kein eigenes Licht hat, sondern dasselbe nur von der Sonne geborgt erhält. (Vergl. *I.* §. 160.) Auch sieht man bald, dass die Oberfläche dieser Kugel nicht so glatt, wie die eines convexen Spiegels sein kann, weil sie sonst das Bild der Sonne nur von einem einzigen Punkte dieser Kugel zu uns zurückwerfen könnte, und weil wir dann den Mond nur wie einen kleinen lichten Stern, aber nicht wie eine grosse beleuchtete Scheibe sehen würden. Diese Oberfläche des Mondes wird also rauh und vielleicht mit einer grossen Menge von Unebenheiten, von Bergen und Thälern bedeckt sein, von welchen jeder Theil für sich als ein kleiner Spiegel betrachtet werden muss, der sein Licht nach irgend einer Seite hin versendet, und die alle zusammen die Ursache sind, dass wir den ganzen Mond so sehen, wie er uns in der That erscheint. Wir werden sogleich sehen, dass schon sehr mittelmässige Fernröhre uns von dem Dasein dieser Berge und Thäler vollkommen überzeugen.

Da nun aber unsere Erde, wie allgemein bekannt, ebenfalls eine Kugel, und da ihre Oberfläche auch mit Unebenheiten aller Art bedeckt ist, so ist kein Zweifel, dass die Erde den Bewohnern des Mondes eben so, wie der Mond uns, als eine beleuchtete Scheibe, erscheinen wird. Mit Unrecht haben wir daher bisher unsere Erde als einen rauhen, dunklen Klotz angesehen, während wir die so hell leuchtenden Planeten und andere Himmelskörper, ihrer Schönheit wegen, für ganz andere und höhere Wesen zu halten, durch diesen Irrthum veranlasst worden sind. Auch hier hing, wie in so vielen anderen Dingen, unser Urtheil nur von unserer Stellung und von der Art ab, wie wir die Dinge um uns ansehen. Wer zwischen der Erde und dem Monde mitten innen stände, würde den rechten Standpunkt einnehmen, aus welchem er beide Körper gleich vortheilhaft und gleich richtig beurtheilen könnte.

Dass die grauen Flecken, die wir in dem Monde bemerken, in der That Berge und Thäler sind, lehrt uns schon der erste Blick, den wir durch ein Fernrohr auf denselben werfen. Der blosse Anblick dieser Gegenstände selbst lässt weiter keinen Zweifel über jene Voraussetzung entstehen, und die Schatten, welche sie werfen, überzeugen uns vollkommen von der Richtigkeit derselben. Diese nicht weiter zu verkennenden Schatten stehen nämlich immer auf der der Sonne gegenüberliegenden Seite, und sie sind auch immer desto länger, je höher entweder diese Berge selbst sind, oder je tiefer für sie die Sonne an dem Horizonte derselben steht. An der Lichtgrenze, wo die helle Phase des

Mondes sich von der dunkeln scheidet, liegen alle die Orte, denen die Sonne eben auf- oder untergeht, und eben hier sind auch die Schatten, welche die Gipfel der Berge, sowie diejenigen, welche die hohen Wälle der Thäler in ihre Höhlungen werfen, durchaus die längsten. Im Gegentheile werden diese Schatten für alle Orte immer kürzer, je tiefer diese Orte selbst in der Lichtseite liegen, weil für sie der Tag schon längst angefangen und die Sonne schon eine grössere Höhe über ihrem Horizonte erreicht hat. Zur Zeit des Vollmondes endlich, wo die Bewohner der Mitte der jetzt ganz beleuchteten Scheibe eben Mittag und daher die Sonne in ihrem Zenithe haben, bemerkt man von diesen Schatten beinahe keine Spur mehr, so wenig, als man sie in unserer heissen Zone bei allen senkrechten Gegenständen in dem Mittage desjenigen Tages bemerkt, an welchem die Sonne in dem Scheitel dieser Gegenden steht. Aus dieser Ursache ist auch die beste Zeit der Beobachtung, die Zeit, wo man den Mond in seinem günstigsten und auffallendsten Lichte sieht, keineswegs der Vollmond, sondern vielmehr die Tage kurz vor und nach dem Neumonde, wo er nur als ein feiner Silberfaden oder als eine schmale Sichel am Himmel steht und wo die Schatten seiner Berge und Schluchten am deutlichsten und grellsten erscheinen. Ueber die Benennungen dieser Berge und Thäler, wie sie von verschiedenen Astronomen vorgeschlagen wurden, haben wir bereits oben (§. 61) einige Nachrichten mitgetheilt. Für das nun Folgende ersuchen wir die Leser, die Mondkarte (Tafel *III.*) aufzuschlagen.

§. 120. (Nähere Beschreibung der Mondberge.) Bemerken wir zuerst von diesen Bergen die wahrhaft ungeheure Höhe derselben. Der Chimborasso, der sonst immer als der höchste Berg der Erde angegeben wurde, hat eine Höhe von 19320 Par. Fuss über der Meeresfläche, und beträgt daher nur den 1017ten Theil des Erdhalbmessers. Der Dhawalagiri im Himalaja-Gebirge hat 24150 Par. Fuss Höhe, und würde daher den 812ten Theil des Halbmessers der Erde betragen. Der Mount Everest in demselben Gebirge, der jetzt als höchster Berg der Erde gilt, erhebt sich auf 27200 Par. Fuss oder auf den 722sten Theil des Erdhalbmessers. Ein Globus, auf welchem der letzte Berg in der Höhe eines Zolles erscheinen sollte, müsste daher gegen 120 Fuss im Durchmesser haben. Allein Mädler hat Berge im Mond gefunden, deren Höhe über 17000 Par. Fuss beträgt, die also, da der so viel kleinere Mond nur einen Halbmesser von 235 Meilen hat, im Verhältniss zu diesem Halbmesser den 315ten Theil desselben betragen, d. h. mit andern Worten: die Berge im Mond sind verhältnissmässig zu der Grösse desselben weit über zweimal höher, als die Berge auf der Erde. Welche Naturkraft hat diese grossen Massen auf dem Monde bis zu dieser entsetzlichen Höhe aufgethürmt!

Hier folgen einige der höchsten Berge des Mondes nach Mädler's Messungen und Namen. Die Angaben sind als Höhen über der nächsten äusseren Umgebung des Berges zu verstehen, da hier von einem gemeinschaftlichen Niveau wie unsere Meeresfläche nicht die Rede sein kann:

Caucasus	17138	Par. Fuss.
Huyghens	16934	„ „
Hadley	14208	„ „
Berge am Sinus Iridum	14022	„ „ .

Bradley	12639	Par.	Fuss,
Altai	12459	„	„
Wolf	11316	„	„
Pyrenäen	11178	„	„

Wir werden weiter unten sehen, dass die Masse des Mondes nahe den 70sten Theil der Erdmasse beträgt, und dass die Körper auf der Oberfläche desselben in der ersten Sekunde nur durch $2^5/_9$ Fuss, also nahe fünfmal weniger tief fallen, als auf der Erde; dass also auch die Schwere oder die Kraft, mit welcher der Mond alle Körper auf seiner Oberfläche an sich zieht, nur den fünften Theil von der Schwere der Erde beträgt. Daraus folgt, dass unser Schiesspulver, auf den Mond gebracht, daselbst viel grössere Schussweiten, als bei uns, erzeugen würde. Auf der Erde würde eine Kanonenkugel, die mit einer anfänglichen Geschwindigkeit von 800 Fuss in einer Sekunde senkrecht in die Höhe geschossen wird, etwa 26 Sekunden steigen, und eine Höhe von 10600 Fuss erreichen, ehe sie wieder anfängt, zur Erde zurückzukehren. Auf dem Mond aber würde sie mit derselben anfänglichen Geschwindigkeit durch volle 157 Sekunden aufsteigen und eine Höhe von 63000 Fuss erreichen, wenn man den Widerstand der Luft u. dgl. hier ausser Acht lässt. Wenn daher im Innern des Mondes eben solche Kräfte, elastische Dämpfe und dergl. wirken, wie in der Erde, und wenn die Cohäsionskräfte der Körper dieser beiden Gestirne nahe dieselben sind, so werden diese Kräfte auch dort viel grössere Wirkungen hervorbringen, wo die gegenwirkende Kraft der Schwere so viel kleiner ist, und jene hohen Gebirge sind vielleicht eine unmittelbare Folge dieser Verhältnisse.

§. 121. (Gebirge, Rillen, Lichtstreifen etc.) Diese Mondgebirge sind im Allgemeinen zweierlei Art, nämlich Ringgebirge und Bergketten. Die Ringgebirge haben meistens die Gestalt von sehr regelmässigen, kreisförmigen Thälern, die rings mit einem hohen Walle umgeben sind, oft viele Quadratmeilen grosse Flächen einschliessen und in der Mitte dieser Flächen gewöhnlich einen isolirten, kegelförmigen Berg haben. Zwei solche Ringgebirge sieht man in der erwähnten Karte unter den Namen Plato und Eudoxus an der nördlichen oder untern Seite derselben, denn die Zeichnung stellt den Mond in verkehrter Lage dar, wie er durch ein astronomisches Fernrohr erscheint. Die Bergketten laufen gewöhnlich nicht wie die Erdgebirge in verschiedene Aeste aus, sondern stehen als grosse Massen beisammen; so der Caucasus, Altai, die Apeninen, von welchem letzteren Gebirge wir oben (§. 120) die hervorragendsten Gipfel aufführten. Die Thäler sind meist kraterförmig, die Gipfel gewöhnlich rund gewölbt, zuweilen spitz zulaufend.

In manchen Gegenden des Mondes findet man wieder eine Menge einzelner Bergkegel zerstreut, die sich isolirt und schroff aus der sie umgebenden Ebene erheben. An andern Stellen sieht man Vertiefungen, die nach Art der Flüsse oder der Strassen, bei geringer Breite und Tiefe, oft viele Meilen weit fortlaufen, an mehreren Stellen mit Gruben oder Einsenkungen versehen sind, und meistens zwei oder mehrere Ringgebirge zu verbinden scheinen.

Ferner unterscheidet man auf dem Monde die sogenannten Rillen, nahe geradlinige Furchen, deren augenfälligste man beiläufig in der Mitte der Mondscheibe bei Higinus findet. Frühere Meinungen, die in diesen Rillen Strassen, Kanäle u. dgl. vermutheten, haben sich als un-

haltbar erwiesen. Sehr merkwürdig sind weiter die Lichtstreifen, die man wohl auch einzeln, grösstentheils aber um grössere Ringgebirge strahlenförmig angeordnet findet. Das auffallendste Beispiel bietet Tycho, dessen Strahlensystem über ein Viertel der Mondscheibe erfüllt. Diese Streifen sind keine Unebenheiten, da sie bei schiefer Beleuchtung keine Schatten zeigen, und im Gegentheile desto sichtbarer werden, je höher die Sonne über ihnen steht. Mädler hält sie für Veränderungen der Oberfläche, durch Strömungen von Gas und anderen Substanzen bewirkt, welche einst den grossen Essen der Ringgebirge von allen Seiten zuzogen. Schwabe glaubt in ihnen durch zeitweise eintretende grüne Färbung Spuren von Vegetation zu sehen.

Endlich muss man noch die grossen, meist grau gefärbten Flecken bemerken, in welchen sich nur geringe Unebenheiten finden, und die man mit dem Namen Meere bezeichnet hat, wie das *Mare nubium, imbrium, nectaris* u. s. w. In de la Rue's Photographieen erheben sich diese «Meere» über die übrige Mondfläche und mahnen an Wälder.

§. 122. (Ringgebirge des Mondes.) Die Ringgebirge, denen Aehnliches wir auf unserer Erde wenig aufzuweisen haben, sind in sehr grosser Anzahl auf dem Monde zu finden, und scheinen durchaus eines Ursprungs zu sein, den wir kurz als vulkanisch bezeichnen wollen, ohne damit eine weitere Analogie mit Vorgängen auf unserer Erde zuzugeben, als eben die mit inneren, hebenden Kräften. Die Revolutionen, durch die sie erzeugt wurden, müssen von der heftigsten Art gewesen sein. Der eigentliche Kern des Kopernicus ist ein solches Ringgebirge, dessen Inneres ganz das Aussehen eines Kraters hat, und dieser nun schon vielleicht seit Jahrtausenden erstarrte Schlund hat zwölf Meilen im Durchmesser, während der Krater des Aetna in Sicilien nur 4000 Fuss oder $^1/_6$ Meile im Durchmesser hat. Die Flächen und Thäler, welche diese Ringgebirge einschliessen, haben öfter eine Ausdehnung von vier bis fünf hundert Quadratmeilen. Die von den Wallgebirgen eingeschlossenen Räume sind als Einsenkungen, als leere, trockene Kraterbecken zu betrachten, die weiter keine Aehnlichkeit mit unseren von Bergrücken eingeschlossenen Ländern, wie z. B. Böhmen u. dgl., haben, und deren Tiefe, nach Mädler's Messungen, oft bis zu 20000 und mehr Fuss geht, die also zuweilen so tief sind, als unser Chimborasso hoch ist. Einen solchen Krater findet man z. B. bei Cleomedes, an der Nordseite des *Mare Crisium*, nahe an dem westlichen Rande der Karte; er hat 17 Meilen in seinem obersten Durchmesser und über 9000 Fuss Tiefe. Welch' ein Anblick für ein menschliches Auge, in einen Kessel von solchem Durchmesser und dieser Tiefe hinab zu schauen. Und doch gehört Cleomedes keineswegs zu den tiefsten Ringgebirgen; Mädler fand für die Tiefe von Newton 22362, Casatus 19514, Tycho 16662, Harpalus 14872, während z. B. der letzte sich auf seiner Aussenseite nur 2576 Pariser Fuss über dem *Mare frigoris* erhebt. Bei Kopernikus findet Secchi hingegen den Boden des Kraters gegen 3000 Fuss höher als die umgebende Ebene. Die Centralberge in den Kratern erreichen oft sehr bedeutende Höhen, so im Moretus 6420 Par. Fuss.

Die Ringgebirge haben, wie Schröter muthmasst, das Merkwürdige, dass die Masse dieser Berge immer sehr nahe so gross ist, als eben hinreichen würde, den Krater auszufüllen, den sie umgeben. Schröter hat sich Modelle von diesen Gegenständen gemacht, und diese Be-

merkung durch Messung häufig bestätigt gefunden. Der Ring wäre dann dieselbe Masse, die den Krater vor seiner Entstehung ausgefüllt hat, zum Zeichen, dass diese Krater, mit denen die Oberfläche des Mondes gleichsam übersäet ist, nicht durch Einsturz, sondern durch Eruption entstanden seien. Auch scheint es, dass die durch innere Gährung an die Oberfläche geschleuderte Masse des Mondes zu jener Zeit sich in keinem flüssigen Zustande befunden hat, weil sie nicht, wie die Lava unserer Vulkane, am Rande des Kraters stromartig abgeflossen ist, sondern nur in der Nähe der Oeffnung sich rings um dieselbe wallförmig angelegt hat. Uebrigens zeigt das Innere dieser ungeheuern Höhlungen, mit starken Fernröhren betrachtet, beiläufig den Charakter, wie man ihn bei unserm Vesuv, Aetna oder in anderen vulkanischen Gegenden sieht.

Solcher Ringgebirge nimmt man am Monde schon mit einem mässigen Fernrohre nach Mädler gegen 2000 aus. Durch die äussere Aehnlichkeit dieser Mondformationen mit unseren Vulkanen muss man übrigens, wie gesagt, sich nicht zu weiteren Annahmen eigentlicher Verwandtschaft der beiderseitigen Erscheinungen verleiten lassen. Wie wir weiter unten sehen werden, hat der Mond nichts unserer Luft und unserem Wasser Aehnliches aufzuweisen; es muss ihm also auch unser Feuer fehlen. Die lichten Punkte in der Nachtseite des Mondes, welche manche Beobachter gar für noch thätige Vulkane erklären wollten, sind die Mondflecke Aristarch, Kopernikus und Kepler, wie Mädler nachwies. Ihre starke Reflexionskraft macht sie uns auch dann schon sichtbar, wenn sie nur von dem schwachen Lichte der Erde beleuchtet werden (*I.* §. 162).

§. 123. (Wie die Höhe der Mondberge gemessen wird. Erste Methode.) Ehe wir diese sonderbaren Berge des Mondes gänzlich verlassen, wird es den Lesern nicht unangenehm sein, zu erfahren, auf welche Weise man die Höhe derselben gemessen hat.

Wenn diese Berge genau an dem Rande der uns sichtbaren Mondscheibe stehen, so wird man mit dem gewöhnlichen Instrumente, mit welchem die Astronomen überhaupt alle sehr kleinen Distanzen messen, mit dem sogenannten Mikrometer auch das Verhältniss ihrer Höhe zu dem Halbmesser des Mondes bestimmen können. Gesetzt, man hätte eine solche Erhöhung, oder auch, bei den Thälern des Mondes, eine solche Vertiefung, einen Einschnitt des Mondrandes, gleich dem hundertsten Theil des Halbmessers desselben gefunden, so weiss man auch sofort, dass die Höhe oder Tiefe desselben $2\,^3/_{10}$ Meilen beträgt, weil der Halbmesser des Mondes 235 Meilen hat. In der That sieht man diesen Rand des Mondes nicht ganz glatt, sondern an mehreren Stellen wie ausgezackt, was nur von diesen Bergen oder Schluchten kommen kann. Wir werden weiter unten sehen, dass der Mond nicht ganz genau immer dieselbe Seite der Erde zuwendet, sondern dass der Rand der uns sichtbaren Scheibe sich öfter um nahe acht Grade, aus dem Mittelpunkte des Mondes gesehen, verschieben kann, daher zuweilen Berge oder Thäler in diesen Rand treten, die früher nicht sichtbar waren. Besonders gut anwendbar wird diese Methode zur Zeit der Sonnenfinsternisse sein, wo die schwarze Scheibe des Mondes mit ihren Zacken auf dem hellen Hintergrunde der Sonne sehr gut gesehen und mit aller Schärfe gemessen werden kann.

§. 124. (Zweite Methode.) Ein zweites Mittel, die Höhe dieser Berge zu messen, erstreckt sich auf alle uns sichtbaren Orte des Mondes, nicht bloss auf die Punkte, welche in dem Rande desselben liegen. Wer den Mond auch nur mit einem mässigen Fernrohre angesehen hat, wird bemerkt haben, dass man nahe an der Lichtgrenze, die meistens, eben ihrer Berge wegen, sehr ausgezackt und unregelmässig erscheint, in dem dunkeln Theile des Mondes viele isolirte, hellglänzende Punkte sieht, die gleich den Inseln auf dem Meere oder gleich den Thautropfen auf den von der Sonne beschienenen Blumen hervortreten. Man überzeugt sich bald, dass diese lichten Punkte nichts anderes als Berggipfel sind, die von der aufgehenden Sonne beschienen werden, zu einer Zeit, wo der Fuss dieser Berge noch in dem Schatten der Nacht ruht, wie wir diess auch auf unserer Erde kurz vor dem Aufgange oder bald nach dem Untergange der Sonne bemerken. Man sieht aber leicht, dass diese Berge desto höher sein werden, je weiter ihre von der Sonne vergoldeten Gipfel von der Lichtgrenze entfernt, oder je tiefer sie in der Nachtseite des Mondes versenkt sind, so dass man also aus dieser Entfernung von der Lichtgrenze auch wieder rückwärts, auf die Höhe dieser Berge wird schliessen können.

§. 125. (Dritte Methode.) Eine dritte Methode, die Höhe der Mondberge zu messen, wird uns durch eine andere, noch bekanntere Erfahrung gegeben, die wir auf unserer Erde täglich zu machen Gelegenheit haben. Wer weiss nicht, dass die Schatten unserer Thürme und Berge Mittags, wo die Sonne am höchsten steht, am kürzesten, und im Gegentheile beim Auf- oder Untergange der Sonne am längsten, und dass diese Schatten vor dem Mittage gegen Westen und nach demselben gegen Osten gerichtet sind. Ganz eben so sehen wir auch die Schatten der Berge des Mondes während der Zeit seines dreissigtägigen Tages hin und wieder ziehen, beim zunehmenden Mond links und beim abnehmenden rechts fallen, und zugleich immer länger werden, je näher ihnen die Lichtgrenze kommt, da diese Grenze alle die Punkte des Mondes enthält, denen die Sonne eben auf- und untergeht. Wir haben aber bereits oben (*I.* §. 62) gesehen, wie man auf der Erde aus der bekannten Höhe der Sonne und der Länge des Schattens eines Thurmes die Höhe des letzten finden kann. Ist nämlich in der dort angeführten Fig. 13 **AB** der Thurm und **AC** die Länge seines Schattens auf dem horizontalen Boden, so ist die Linie **CB**, über **B** hin verlängert, nach der Sonne gerichtet, und der Winkel **ACB** ist die Höhe der Sonne (Einl. §. 10), die man mit Hülfe eines Quadranten (*I.* §. 43) leicht messen kann, während man die Länge **AC** des Schattens auf die gewöhnliche Weise mit einem Massstabe bestimmt. Kennt man aber in einem bei **A** rechtwinkeligen Dreiecke **ABC** eine Seite **AC** mit ihrem anliegenden Winkel **ACB**, so findet man daraus leicht (*I.* §. 62) auch die diesem Winkel gegenüberstehende Seite **AB** oder die gesuchte Höhe des Thurmes. Ganz dasselbe Verfahren wird man nun auch auf die Berge des Mondes anwenden, deren Schattenlänge man mit dem Mikrometer messen kann, und wo die Höhe der Sonne über dem Horizonte des Berges ebenfalls bekannt ist, da sie immer gleich der Entfernung des Berges von der Lichtgrenze sein muss.

§. 126. (Atmosphäre und Wasser auf dem Monde.) Der Mond, nämlich die uns zugekehrte Seite des Mondes, scheint keine, oder doch nur eine sehr

dünne Atmosphäre zu haben. Die Lichtgrenze desselben ist scharf abgeschnitten und das hellste Licht der einen Seite geht unmittelbar in das tiefste Dunkel der andern über, während unsere Fernröhre doch bei viel entfernteren Himmelskörpern, besonders bei der Venus, eine deutliche Abstufung des Lichts an dieser Grenze zeigen. Diess setzt eine, das Licht jedenfalls beinahe ungeschwächt durchlassende Luft voraus. Dasselbe folgt auch aus den Bedeckungen der Fixsterne von dem Monde, die mit ganz ungetrübtem Glanze bis beinahe an seinen Rand hintreten und dann urplötzlich hinter demselben verschwinden, zum Zeichen, dass selbst die dem Monde nächsten und dichtesten Schichten seiner Atmosphäre, wenn diese überhaupt existirt, so durchsichtig sind, dass sie mit denen unserer Luft nicht weiter verglichen werden können. Schröter will zwar zuweilen Spuren einer äusserst schwachen Dämmerung, besonders zur Zeit des Neumondes an den sogenannten Hörnerspitzen des Mondes, bemerkt haben. Er fand daraus die Höhe der Atmosphäre des Mondes zu $1/3$ einer geogr. Meile, während unsere, das Licht noch merklich brechende Luft 8 bis 10 Meilen über die Erde sich erhebt. Allein diese weiter nicht bestätigte Bemerkung steht im Widerspruche mit entscheidenden Beobachtungen, die zu dem Schlusse berechtigen, dass die Atmosphäre des Mondes nicht bloss sehr durchsichtig ist, sondern auch eine sehr geringe Dichte hat. Wäre dem nicht so, so müsste z. B. die beobachtete Dauer einer Sternbedeckung von der berechneten bedeutend abweichen durch die Refraction, die das Licht des Sternes in der Mondatmosphäre erführe; eine solche Abweichung findet aber durchaus nicht Statt. Man muss daher auch die öfters als Gegenbeweis angeführte Erscheinung, dass man zuweilen einen Stern vor die Mondscheibe treten sieht, ein paar Sekunden bevor er hinter dem Monde verschwindet, auf andere Weise zu erklären suchen. Airy nimmt an, dass wir bei durch die Beobachtung gespannter Aufmerksamkeit uns einer Vergrösserung des dunkeln Mondrandes durch Irradiation bewusst werden. — Arago und Decuppis sind der Ansicht, dass die Atmosphäre des Mondes eben nur sehr wenig hoch sei, und an den meisten Punkten von dem eigentlichen Terrain überragt werde.

Wo aber keine oder eine so äusserst dünne und durchsichtige Atmosphäre ist, lässt sich auch kein Wasser oder eine demselben ähnliche Flüssigkeit annehmen. Wenn der Erde ihre Luft entzogen würde, so würden die Flüsse und Meere derselben in kurzer Zeit verdunsten und die ganze Erde austrocknen. In der That können wir auch auf der Oberfläche des Mondes nichts bemerken, was diesen unseren irdischen Wasserbehältern ähnlich wäre. Schröter behauptet, auf dem ganzen Monde auch nicht eine Stelle von einiger Ausdehnung gesehen zu haben, die auf ihrer Oberfläche ganz eben wäre, wie die des Wassers sein müsste. Die grossen, grauen Stellen des Mondes, die man mit dem Namen Meere belegt hat, sind voll kleiner Erhabenheiten und Vertiefungen und können durchaus nicht mit unsern Seen und Meeren verglichen werden. Indess b hauptet der jüngere Herschel, mit den grossen Teleskopen seines Vaters mehrere vollkommen ebene Stellen gefunden zu haben, die er zwar nicht für Wasserflächen hält, die aber doch ganz den Charakter der Alluvion tragen sollen. Es ist in der That nicht wahrscheinlich, dass dieser Himmelskörper immer ohne

Atmosphäre gewesen ist. Die grossen Revolutionen, die in der Vorzeit auf seiner Oberfläche stattgehabt haben, setzen die Wirkungen des Feuers und diese wieder die Luft voraus, wenigstens eine feine Luft, ohne welche wenigstens unser Feuer nicht bestehen könnte.

Für den jetzigen Mangel an Flüssigkeit jeder Art aber spricht auch schon der blosse Anblick des Mondes. Er erscheint uns wie ein trockener Gyps- oder Schwefelguss mit unzähligen Blasen und Höhlungen, mit Bergen und Thälern bedeckt, die von grossen und heftigen Erschütterungen zeugen, welche der Mond in der Vorzeit erlitten hat. Schröter ist der Ansicht, dass alle diese Zerstörungen, die man auf der Oberfläche des Mondes bemerkt, durch eine nicht ganz vollführte Eruption oder durch eine blosse Aufschwellung seiner Oberfläche entstanden sind. Das elastische Fluidum in seinem Innern drängte gegen die Oberfläche und verursachte dadurch an einzelnen Stellen jene Anschwellungen, und wo sie stark genug war, auch eine Eruption, wodurch dann die Krater und Wallgebirge entstanden. Es scheint, dass zur Zeit jener Katastrophe der ganze Körper des Mondes nicht mehr eine weiche, sondern mehr schon eine feste Masse gewesen, und dass wenigstens ein Theil dieser aufgeworfenen Masse in eine Art von Schmelzung übergegangen sei. Was dergleichen Schmelzungen oder Verglasungen, wenn man so sagen darf, noch wahrscheinlicher macht, ist die gänzliche Unmöglichkeit, allen den seltsamen Farbenwechsel, der auf dem Monde statthat, zu erklären, ohne wenigstens hie und da spiegelähnliche Flächen anzunehmen. Immer scheint das Ganze mehr vulkanischen, als neptunischen Ursprungs zu sein, wofür schon der Anblick des Mondes und selbst die oben erwähnten Kegel in der Mitte der Ringgebirge sprechen, da sie wohl nichts anderes sind, als neue Versuche jener inneren elastischen Kraft, noch mehr Wasser auszuwerfen, wie man denn diese Kegel selbst in den grossen Kratern, ganz so wie bei unseren Vulkanen, findet. Es ist möglich, es ist sogar sehr wahrscheinlich, dass dieser Himmelskörper, dem es jetzt an Luft und Wasser, wenigstens in unserm Sinne dieser Worte fehlt, vermöge seines so viel kleineren Volums, eine Periode der Abkühlung, zu der unsere Erde noch Aeonen braucht, längst durchgemacht hat und nun nur mehr ein trockenes, nacktes Felsengerippe ist, auf welchem vielleicht weder Vegetation, noch Leben, noch irgend eine Bewegung, sondern nur ewige Ruhe und Grabesstille herrscht, und dass daher der Mond entweder sich selbst überlebt hat und nun als unbrauchbare Schlacke aus der Reihe bewohnbarer Welten herausgetreten ist, oder dass er in einer Art von Verpuppung seinem neuen, bessern Leben, seiner Auferstehung entgegenschlummert.

§. 127. (Topographie des Mondes.) Schon gleich nach der Erfindung der Fernröhre, im Anfang des siebenzehnten Jahrhunderts, bemühten sich Galilei, Scheiner und Schirläus ein Bild der Oberfläche dieses Gestirns in einer Zeichnung zu entwerfen. Aber diese ersten und unvollkommenen Versuchen blieben weit hinter denjenigen Zeichnungen der Oberfläche des Mondes zurück, die Hevel in seiner *Selenographia* im Jahr 1640 herausgegeben hat. Selbst die im J. 1651 von Riccioli in seinem *Almagestum novum* mitgetheilte Karte steht tief unter jener von Hevel. Die von Dominic Cassini im J. 1680 herausgegebene Mondkarte, im Durchmesser von 20 Zollen, übertraf wieder alle ihre Vorgänger, da sie nicht nur, wie jene, ein getreues Bild der einzelnen

Mondflecken, sondern auch zugleich die gegenseitige Lage derselben zu geben bemüht war. Eine eigentlich wissenschaftliche, auf wahre Beobachtungen gegründete Bestimmung der Lage dieser Flecken gegen einen ersten Meridian und den Aequator des Mondes, wurde erst im J. 1748 von Tobias Mayer ausgeführt, dessen Karte, von 7½ Zoll im Durchmesser, Lichtenberg zu Göttingen im J. 1775, nach Mayer's Tode, herausgegeben hat. Da man die von Mayer gegebenen Bestimmungen für hinlänglich genau hielt, so beschäftigte man sich von nun an mehr mit der detaillirten Bestimmung der Configuration einzelner Flecken, und darin zeichnete sich zuerst Schröter in Lilienthal aus, der im J. 1791 Zeichnungen und Beschreibungen von Theilen des Mondes in seinen «selenotopographischen Fragmenten» bekannt gemacht hat.

Mit den Fortschritten der Optik aber und den höheren Anforderungen der Wissenschaft überhaupt, machte sich bald die Unzulänglichkeit jener älteren Generalkarte sowohl als dieser stückweisen Darstellung ohne leitende Grundsätze sehr fühlbar. Dem im J. 1840 verstorbenen Lohrmann in Dresden gebührt das Verdienst, zuerst gezeigt zu haben, was sich durch sorgfältige Messungen bei streng durchgeführter systematischer Benützung derselben auf diesem Felde leisten lässt. Von seiner «Topographie der Mondoberfläche» (Leipzig 1824) erschien aber leider nur die erste Abtheilung, welche kaum das Fünftel der von Lohrmann für den ganzen Mond durchgeführten Arbeit umfasst. So blieb es Mädler vorbehalten, eine neue Epoche in der Kenntniss unseres Satelliten zu begründen. Er gab im Verein mit Beer in Berlin im Jahr 1837 eine nach Lohrmann's Plane ausgearbeitete, aber ausschliesslich anf eigenen Messungen beruhende Mondkarte von drei Fuss im Durchmesser mit einem umständlichen Commentare heraus, die Frucht fünfjähriger angestrengter Beobachtungen, die mit solcher Gründlichkeit und Umsicht angestellt waren, dass ihr Resultat höchstens durch Detailzeichnungen in der Folge bereichert und ergänzt, aber nie mehr verdrängt und wie die Leistungen seiner Vorgänger vergessen werden kann. Lohrmann sowohl als Mädler liessen später Mondkarten in kleinerem Massstabe, der letztere mit begleitenden Erklärungen erscheinen; zu jener fehlt der Commentar leider noch immer, und ist dessen baldige Nachlieferung sehr zu wünschen. Die unserem Werke beigegebene Generalkarte des Mondes (Taf. *III.*) ist nach der kleineren Lohrmann'schen gezeichnet, an die wir uns absichtlich hielten, um unsere Leser zu Vergleichungen mit der verdientermassen ohnehin so verbreiteten Mädler'schen zu veranlassen. In den Benennungen der verschiedenen Mondgegenden glaubten wir aber unbedingt Mädler folgen zu müssen, da die von ihm eingeführten Namen allgemein angenommen sind, und sein grosses Verdienst um diese Sache mit in der Sichtung und Feststellung altherkömmlicher aber nachgerade ganz vag gewordener Bezeichnungen besteht. Das Uebertragen der Mädler'schen Benennungen auf die Lohrmann'sche Karte hatte übrigens sein Missliches; für jede nähere Kenntniss des Gegenstandes, zu der wir hier nur anregen wollen, verweisen wir auf eines der oben genannten Originalwerke.

Eine solche allgemeine Darstellung des Mondes muss, wie es in der Natur der Sache liegt, sich auf den Vollmond beziehen, und die Gegenstände so geben, wie sie bei möglichst kurzen Schatten sich zeigen; so sehr der Anblick des Mondes in anderen Phasen interessanter

ist, wo eben durch die Schatten eine weit grössere Mannigfaltigkeit des Gesehenen bewirkt wird, und obschon viele Objecte der Mondscheibe nur bei schiefer Beleuchtung auszunehmen sind, so muss man doch dort, wo es um treue Darstellung der Oertlichkeit im Allgemeinen sich handelt, auf diese Vortheile verzichten. Nur eine plastische Darstellung des Mondes, wie das bekannte von Frau Hofr. Witte ausgeführte Kunstwerk könnte, unter verschiedenen Winkeln künstlich erleuchtet, uns ein mit der Wirklichkeit in jeder gegebenen Phase auch auf den ersten Anblick übereinstimmendes Bild vorführen. Wenn gleich nicht so vollkommen, so doch einigermassen würde demselben Zwecke eine Reihe von Zeichnungen des Mondes oder der Lichtgrenze von Phase zu Phase entsprechen, eine riesige Aufgabe, an deren Lösung man beinahe verzweifeln muss, wenn man bedenkt, dass, was wir oben (*I.* §. 163) von der immer gleichen Ansicht, die der Mond uns Erdbewohnern bietet, sagten, nur annähernd wahr ist. Denn erstens ist zwar die Zeit der Rotation des Mondes (um seine Axe) stets dieselbe, aber die Revolutionsperiode (um die Erde) ist gewissen Aenderungen unterworfen, die, wenn gleich an sich klein, doch hinreichen, durch das so bewirkte scheinbare Zurückbleiben oder Voreilen der Rotation gegen die Revolution den Anblick des Mondes zu modificiren, und uns bald am westlichen, bald am östlichen Rande Gegenden sichtbar zu machen, die eigentlich der Rückseite des Mondes angehören. Zweitens liegt der Aequator des Mondes zwar nahe, aber nicht genau in der Ebene der Bahn des Mondes um die Erde; es tritt also dasselbe Verhältniss zwischen Mond und Erde ein, in welchem die Erde zur Sonne steht. So wie gewisse Gegenden der Erde um die Pole herum in gewissen Zeiten des Jahres ununterbrochen von der Sonne beschienen werden, eben so sehen wir gewisse Gegenden des Mondes rings um seine Pole in gewissen Zeiten des Monates immerfort. Also auch am nördlichen und südlichen Rande der Mondscheibe werden uns zuweilen Gegenden sichtbar, die eigentlich der von uns abgekehrten Seite des Mondes angehören. Da er demnach sowohl um seine Polar- als Aequatorial-Axe zu schwanken scheint, so nannte man diese den Anblick des Mondes theilweise ändernden Erscheinungen Librationen. Diese Librationen bildeten eine von den vielen Schwierigkeiten, welche sich der Bemühung, den Mond abzubilden, entgegenstellen, und machten es, im Verein mit anderen Umständen, nothwendig, dass derjenige, welcher eine solche Abbildung unternimmt, nicht bloss ein geübter Zeichner und sorgfältiger Beobachter sei, sondern auch weitläufige Rechnungen nicht scheue. In den letzten Jahren hat die Photographie, besonders in der Hand von De la Rue einen neuen, viel versprechenden Weg für die Darstellung des Mondes eröffnet, einstweilen aber nur so zu sagen landschaftlich Ausgezeichnetes geliefert. De la Rue hat übrigens in sehr scharfsinniger Weise die durch Libration hervorgerufene Verrückung der Mondoberfläche für stereoskopische Darstellungen dieses Himmelskörpers benützt. Die auffallende Erscheinung, dass in solchen Darstellungen der Mond sich nicht als Kugel, sondern in der Form eines mit seiner Spitze uns zugekehrten Eies zeigt, führte Gussew auf eine Bestätigung der oben (§. 118) erwähnten Untersuchung Hansen's.

Eine Generalkarte des Mondes kann aber eben wegen der Librationen nur den zwischen den Grenzen jener Librationen in der Mitte

liegenden Anblick des Mondes darstellen. Es wird also auch das in geographischer Weise über den Mond gelegte Gradnetz in der Wirklichkeit nicht immer mit einer gewissen Länge und Breite auf denselben Punkt der Scheibe fallen, wie auf der Karte, und man wird, um sich mittelst dieses Gradnetzes auf der Karte zu orientiren, auf die jedesmalige Verschiebung durch Libration Rücksicht nehmen müssen.

Da übrigens eine genauere Vergleichung des Mondes mit der Karte in der Regel durch ein Fernrohr mit sogenanntem astronomischen, die Gegenstände umgekehrt zeigenden Okulare vorgenommen wird, so stellen die Karten den Mond schon in dieser verkehrten Lage dar; für die Betrachtung mit freiem Auge oder mit einem terrestrischen Okulare hat man also unsere Karte umzudrehen. Die Bezifferung der Flecken beginnt in jedem Quadranten von vorn, und schreitet zwischen je zehn Graden der selenographischen Breite von links nach rechts fort.

Tafel *IV.* Fig. 1 stellt nach Mädler's grosser Karte die südwestliche Gegend des *Mare serenitatis* dar, von welcher wir nach dem Verfasser folgende Beschreibung geben. Das Ringgebirge Plinius, 7 Meilen im Durchmesser, ist das grösste und in jeder Beleuchtung am leichtesten erkennbare dieser Gegend. Die innere Fläche ist am wenigsten hell, das Centralgebirge am hellsten, zwischen beiden die Mitte halten in Bezug auf Licht die Berge im Innern und der Rand. Da nun die sehr kleinen Berge des Innern den Raum überall ausfüllen, und der Rand mit Terrassen und Ausläufern, die gleichfalls mehr Licht als die Thäler haben, rings umgeben ist, so sieht man im Vollmonde den Plinius als einen verwaschenen Lichtfleck, in dem gleichwohl eine sorgfältigere Betrachtung die angegebenen Einzelnheiten noch zu unterscheiden vermag. Der Gipfel α ist 5904 Par. Fuss höher als das Innere. Nach aussen hingegen erhebt sich der Wall nur unbedeutend über seine Vorterrassen, und überschattet sie nur, wenn die Sonne nicht höher als 3^0 über seinem Horizont steht. β und γ sind etwa eben so hoch wie α. Plinius *A* von 3 Meilen Durchmesser, kreisförmig und stark vertieft, ist an der Westseite am lichtesten, im Inneren am düstersten, die östliche Seite lichter als dieses, dunkler als jene. Dieses Ringgebirge ist leicht aufzufinden und ansehnlich tief; sein Ostrand erhebt sich 2034 Par. F. über die äussere Fläche. Es wird von einem grossen Lichtfleck umgeben, der merklich heller als das Mare und nur wenig dunkler als das Innere des Ringgebirges *A* ist. Von dem Ostrande dieses Lichtfleckes zieht eine Rille δ an Plinius vorbei, die später nach einem Laufe von 18 Meilen diese Gegend mit dem Gebirge Hämus verbindet. Westlich fortschreitend stossen wir auf Vitruvius, ein regelmässiges und sehr kenntliches Ringgebirg, 4 Meilen im Durchmesser haltend, sowohl durch seine Lage als durch die Contraste seiner Färbung ausgezeichnet. Der Ostrand liegt 4224 P. F. über der Tiefe; der Westrand dürfte nahe eben so ansteigen. Sein Abfall nach aussen ist dagegen weit geringer, da er sich wenig oder gar nicht über die benachbarten Höhenpunkte erhebt. Die Umgegend des Vitruvius ist in Bezug auf Farbe und Licht eine der ausgezeichnetsten der Mondfläche, und ihr Anblick wohl allein hinreichend, die Meinung zu beseitigen, als sei der Mond eben nur ein weites Eis- und Schneegefilde, oder überhaupt in seinen Bestandtheilen durchweg gleichartig. Die Karte konnte, da die Bergdarstellung Hauptaufgabe ist, von den Einzelnheiten dieser Art nur eine unvollkommene Abbildung geben.

Das Mare ist hier bedeutend dunkel, und diese dunkle Färbung erstreckt sich in einer der engen Buchten bis an den Nordrand des Vitruvius. Andere Theile hingegen zeigen ein Gemisch von helleren und dunkleren Punkten, mit denen verglichen die übrigen ein fast bläuliches Ansehen erhalten. Die vielen inselartigen Massengebirge, die sich vom Vitruvius aus in das Mare erstrecken, sind sämmtlich heller als die Niederung, aber ebenfalls unter sich höchst ungleich, so dass man sich umsonst bemühen würde, von der Mannigfaltigkeit dieser Gegend durch Beschreibung einen klaren Begriff zu geben. Das am weitesten östlich vorspringende hohe Gebirge mitten zwischen Plinius *A* und dem Ringgebirge *L* erhebt sich 7866 P. F. über die östliche Fläche und 5484 P. F. über die Bucht im Westen. Vom Vitruvius westlich zeichnet sich der Krater *A* durch ansehnliche Steilheit, die an der Ostseite, wo eine Terrasse vorliegt, am bedeutendsten scheint, und links neben ihm ein anderer, nahe gleich grosser, durch das Gegentheil derselben aus; doch ist auch dieser noch immer hinreichend tief, um in günstigen Momenten einen Schatten wahrnehmen zu lassen. Das im Süden von Vitruvius *A* sich erstreckende äusserste Glied des Hochlandes bildet gegen Osten eine geschlossene Kette von ansehnlichen Kratern und Bergwällen mit scharf gegen das *Mare tranquillitatis* abgesetztem Rande. Nordwestlich von Vitruvius liegt Maraldi, etwa 3600 P. F. tief, an mehreren Stellen polygonal und nur nach Südost zu mehr elliptisch gekrümmt, eine dunkle Ringfläche, die im Vollmonde, da ihr Rand sich nicht besonders auszeichnet, leicht für einen Theil des *Mare tranquillitatis* angesehen werden kann. Nur die beiden höchsten Gipfel, im Norden und Süden einander fast gegenüber, sind helle Punkte, so wie die isolirte steile Bergkuppe im Nordwesten, die 2784 P. F. über der westlichen Ebene liegt. In ihrer Umgegend liegen mehrere ziemlich helle Krater. Nordöstlich von Maraldi zeigt sich das von Mädler Littrow genannte Ringgebirge L. Es besteht aus zwei durch einen Querwall getrennten Flächen, deren westliche aber höher liegt und helleres Licht hat, daher auch meistens nur bei abnehmendem Monde als ein zugehörender Theil erscheint. Die Form sowohl des Ganzen als der einzelnen Flächen ist unregelmässig, die Gipfel ragen bedeutend über den Wall empor, der nur von mässiger Höhe zu sein scheint. Diese Beschaffenheit der Fläche ist ein Hinderniss genauer Höhenmessungen. Durch netzartig verbundene Gebirge niederer Art hängt *L* sowohl mit dem starken westlichen Höhenzuge bei *A* und *Γ*, dessen einzelne Punkte in der Nachtseite des Mondes eine Inselkette bilden, wenn von *L* und Maraldi noch nichts deutlich gesehen wird, als auch mit dem nahen Rande des Mare zusammen, über welches der Gipfel *ε* sich 7410 P. F. erhebt. Der Theil des *Mare serenitatis,* welchen unsere Zeichnung noch enthält, ist die südwestliche Grenzgegend desselben, durch welche es mit dem *Mare tranquillitatis* an Vitruv und Plinius vorüber verbunden ist. Man unterscheidet hier die innere, nach Mädler grünliche Fläche des *Mare serenitatis* von dem grauen Gürtel, mit welchem dasselbe ringsum eingefasst ist. Der einzige, besonders kenntliche Gegenstand ist hier der Krater *B*, ansehnlich tief und ziemlich hell, neben ihm nordöstlich ein nahe gleich heller, in der Mädler'schen Karte zufällig ausgelassener Lichtstreif. Unter den grossen Flächen des nordwestlichen Quadranten scheint das *Mare serenitatis* die tiefste zu sein. Der Färbung nach ist es aber gewiss nächst dem *Mare frigoris* das hellste.

Zur Vergleichung und um unseren Lesern die Schwierigkeit anschaulich zu machen, mit welcher eine genaue Topographie des Mondes zu kämpfen hat, geben wir in Tafel *IV.* Fig. 2 dieselbe Gegend nach Lohrmann's Zeichnung, der, wenn er gleich in seinen Karten der Augenfälligkeit vielleicht zu grosse Opfer brachte, doch ebenfalls mit tadelloser Sorgfalt verfuhr, und fügen seine Beschreibung bei.

Der östliche Theil 3 *l*, *Mare tranquillitatis*, ist, nach Lohrmann, von dunklerer Farbe als die übrige Fläche desselben. Zwischen *l* und Vitruv befinden sich neben niederen Bergadern vier kleine, nicht sehr tiefe Gruben, mit erhöhten Rändern, die um eine an ihrer dunkleren Farbe erkennbare vertiefte Ebene herum liegen. Nördlich derselben zeigt sich in etwas erhöhter, ziemlich heller Gegend die Grube *A* von 2 Meilen Durchmesser, nach Schröter 5314 P. Fuss tief mit einer Erhöhung des östlichen Ringgebirges von 1752 Fuss. Unfern davon erkennt man bei 4 eine flache, runde Vertiefung mit niederem Rande. Von den zu beiden Seiten gelegenen Hügelreihen zieht sich die östliche von *a* bis zu der flachen Rille 2, welche bei *A* beginnt, nördlich von Plinius endigt, und mit Ausnahme der tiefen Stelle bei 4 zu beiden Seiten von Erhöhungen eingeschlossen ist. — Das *Mare serenitatis* ist besonders merkwürdig durch die verschiedene Farbe der einzelnen Theile, durch die grosse Menge der flachen Bergadern und der kleinen Gruben. Schröter fand jene 80 bis 90 Meilen lang und zum Theil nur 1 Meile breit. Das Ringgebirge Plinius hat einen Durchmesser von 7.6 Meilen, und erhebt sich bei *b* nach Schröter 1277 Fuss, ist hier am höchsten, bei 1 am niedrigsten, und umschliesst eine Niederung, die nach Schröter 4358, an einem andern Punkte 6855 Fuss unter dem westlichen Randgebirge liegt. Auf dieser Niederung erhebt sich ein schönes Centralgebirge *f*, das durch mehrere andere Hügel von hellerer Farbe mit dem Randgebirge verbunden sind. Weder Rand noch Centralgebirge sind jedoch durch glänzendes Licht ausgezeichnet, daher Plinius bei hoher Beleuchtung nur mit unbestimmten Grenzen zu erkennen. Das Ringgebirge Vitruv hat einen Durchmesser von 5 Meilen und umschliesst eine hellgraue, sehr vertiefte Ebene, in der sich ein sehr schöner Centralberg erhebt. Südlich davon liegt das Gebirge 5, von 4 Meilen Durchmesser, durch zwei Spalten getrennt, minder hoch als Vitruv, ebenfalls mit einem Centralberge. Die nordöstlich von Vitruv gelegene Gegend wird westlich von der hohen, mit sehr vorstehenden Kuppen bedeckten Gebirgskette begrenzt, die von Vitruv in einem Bogen bis zum *Mare serenitatis* geht, und hier bei 16 endigt. Die Ostseite jener Gegend trennt sich durch die Bergreihe 10, 9 vom *Mare tranquillitatis*. Diese Bergreihe hat am südöstlichen Abhange zwei Gruben neben sich, erreicht bei 10 nach Schröter die Höhe von 10166 Fuss, ist an der folgenden gegen 9 hin gelegenen Kuppe 6159 und vor 9 nur 2973 Fuss über die Fläche des *Mare tranquillitatis* erhaben. Neben der kleinen Grube bei 9 wendet sich diese Bergreihe nach Nordwest. Sie ist hier am niedrigsten (1858 Fuss), erhebt sich aber bald, zeigt auf ihrem Rücken zwei kleine Grübchen, ist bei 13, wo sie endigt, am höchsten, und fällt schroff ab. Zwischen dieser und der Bergreihe bei 16 liegen noch drei ausgezeichnet helle Bergkuppen; von denen die höchsten und hellsten mit 11 und 12 bezeichnet sind. Sie erheben sich sanft von der südöstlichen Seite, fallen dagegen gegen Nordwest steil ab, und

haben zwischen sich eine Niederung von dunkler Farbe, die zwischen 11 und 16 mit dem *Mare serenitatis* zusammenhängt. — Maraldi, ein ausgezeichneter Krater von 6 Meilen Durchmesser, umschliesst eine innen sehr merkbar vertiefte Fläche, die ihrer dunkelgrauen Farbe wegen auch im Vollmonde zu sehen ist, und völlig eben scheint. Von dem mit hohen Kuppen bedeckten Ringgebirge gehen mehrere Bergrücken ab. Zwei derselben bilden im Südwesten den Rand eines südlich offenen Rundgebirges. Weiter östlich geht eine Bergkette von *B* nach *C*. Nördlich an Maraldi liegen zwei vortretende Berge, der niedrigere 14 zeigt ein kleines Grübchen, der höhere *m* verbindet sich durch einen schmalen Bergrücken mit dem Hauptgebirge. Der 2.8 Meilen im Durchmesser haltende Krater *B* hängt durch die Bergkette *gh* mit Maraldi zusammen, zeichnet sich durch Tiefe und Helligkeit aus, und wird auch bei hoher Beleuchtung neben dem dunklen Maraldi leicht erkannt, mit dem er nördlich durch einen hohen Bergrücken verbunden ist. Südlich stösst er an die hoch gelegene Fläche *n*. Bei 6 liegt eine rings ganz von Bergkuppen umgebene Niederung. Nordöstlich von *B* zieht sich ein hoher Bergrücken *KK* bis 7 hin. Das Rundgebirge *C* hat 5 Meilen im Durchmesser, ist ziemlich hell und umgibt eine merkbar vertiefte Fläche mit ansehnlichem Centralberge. Die hoch vorstehenden Köpfe des Ringgebirges schliessen sich an andere Höhen an, und bilden Gruben, von denen 8 die grösste. Nördlich hängt *C* durch mehrere Gebirge und die grosse Vertiefung 15 mit dem hohen Ringgebirge *L* zusammen, das 7 Meilen im Durchmesser hat, und eine hellgraue, völlig ebene Fläche umgibt. Es hat nördlich zwei hohe Bergkuppen, die höchste unter 18, von der östlich eine in's Randgebirge eingreifende Vertiefung liegt. Das westlich von *L* liegende Vorland 20,23 ist im Norden durch eine Niederung begrenzt, die sich mit dem *Mare serenitatis* vereinigt, das schöne Gebirge 24 umgibt, welches in flachen Höhen *cc* bis zur hellen Grube 17 reicht. Die hohe Bergkette 19 trennt diese Gegend vom nördlichsten Theile des *Mare tranquillitatis* mit der 1.3 Meilen im Durchmesser haltenden, sehr tiefen, von regelmässigem Rundgebirge umgebenen Grube 21, dicht darunter einem zweiten Grübchen mit hohem Rande, und der grösseren flachen Grube 22. Bei *dd* und *e* im *Mare serenitatis* ziehen ähnliche flache Bergrücken wie bei *cc*.

Auf Tafel *IV*. Fig. 3 folgt ein wieder nach Mädler entworfenes Kärtchen der Rille des Higinus, der auffallendsten, schon von Schröter gekannten Formation dieser Art. Dieselbe kann bei 40maliger Vergrösserung fast in jeder Beleuchtung ausgenommen werden. Sie beginnt nordöstlich an einem länglichten, niedrigen Hügel und ist hier nur ein flaches, gegen 7200 P. Fuss breites Thal; aber schon nach 2 Meilen Lauf verengert sie sich merklich, zieht durch eine ebene Gegend fort und trifft auf 4 Krater, deren zweiter und grösster etwa 9000 P. Fuss, die übrigen nur 6000 bis 7000 P. Fuss Durchmesser haben. Die Rille hat hier nur 3600 bis 4200 P. F. Breite, allein ihre Steilheit und Tiefe ist so beträchtlich, dass Mädler in einem Falle deutlich den Schatten der westlichen Wand als zarte schwarze Linie neben der hellglänzenden östlichen fortziehen sah. Nach 11 Meilen Lauf erreicht sie den fünften und grössten Krater Higinus, der ziemlich tief ist und 0.8 Meilen Durchmesser hat. Sie durchzieht ihn dergestalt, dass sie seinen Wall sprengt und durch sein Inneres mit erhöhten Rändern fortgeht, so dass ihre

Uferhöhen nirgends unterbrochen werden. Hier verändert die Rille ihre Richtung, zugleich geht vom Ostrande des Higinus eine äusserst feine Rille eine Meile weit östlich ab. Die Hauptrille trifft weiter hin noch 5 Krater, und von Süden her treten zwei breite, flache Hügel an ihren Wall. Jenseits des zehnten Kraters wird die Rille breiter, ungleicher, flacher, und endet wie sie begann, bei einem länglichten Hügel, an dessen südwestlichem Fusse ein kleiner Krater *b* matt aufdämmert. Die ganze Länge der Rille beträgt etwa 23 Meilen, ihre mittlere Breite gegen 4800 P. Fuss. Südlich der Rille zeigt die Fläche des *Mare vaporum* zwei grössere Krater *a* und *c*, ferner zwei kleinere und einen grösseren, so wie nördlich einen grösseren dunklen Fleck. Von dem Krater *d* zieht sich eine andere, ebenfalls sehr kenntliche Rille westlich gegen Arago, und fällt also ausser die Grenzen unserer kleinen Zeichnung. Vom Krater *c*, so wie östlich von *a* ziehen andere Rillen gegen Triesnecker, und werden von einer dritten durchkreuzt, alle weit schwerer auszunehmen als die oben erwähnten.

In Fig. 69 geben wir noch nach einer Zeichnung von G. Blunt eine Darstellung der Lichtgrenze des Mondes, wie sich dieselbe um das erste Viertel im Fernrohre zeigt. Dieses Bild macht keinen Anspruch auf Genauigkeit, und soll eben nur den Eindruck im Allgemeinen vergegenwärtigen. Man erkennt indess leicht an dem grossen, grauen Fleck das *Mare serenitatis,* und orientirt sich mittelst der Generalkarte auch im übrigen Theile der Figur. Man sieht hier, welche Mannigfaltigkeit in die Ansicht des Mondes von der verschiedenen Beleuchtung durch die Sonne gebracht wird. Diess gibt der Landschaft oft ganz besondere Reize; Schröter, der doch so sehr daran gewohnt sein musste, kann sich an vielen Stellen seines sonst so sehr trockenen und einförmigen Werkes nicht enthalten, die Genüsse, welche ihm der Anblick dieser Veränderungen gewährte, mit Begeisterung und in einer Art von dichterischer Sprache auszudrücken, wie z. B. bei Plato zu der Zeit, wo die Sonne eben über ihm aufgeht, und anfangs nur die Gipfel der höchsten Gebirge vergoldet, während der Fuss derselben noch unsichtbar und die ganze innere Fläche des Ringgebirges mit finsterer Nacht bedeckt ist. Wenn dann allmählich die Sonne höher steigt, tritt immer mehr von dem das Ganze umfassenden hohen Wallgebirge hervor, die dunkle Farbe der inneren Ebene geht durch mannigfaltige Abstufungen in ein immer helleres Grau über, bis endlich auch sie im hellen Lichte auf der der Sonne entgegengesetzten Seite glänzen, während auf der andern Seite die hohen Randgebirge noch ihre schwarzen Schatten auf diese

Fig. 69.



Ebene werfen, bis auch diese verschwinden, wenn die Sonne senkrecht über dem ganzen Flecken steht. So schnell gehen diese Veränderungen ungeachtet die ganze Periode derselben gleich dem synodischen Monate von 29½ Tagen ist, an manchen Stellen des Mondes vor sich, dass besonders in der Nähe der Lichtgrenze zuweilen schon einige Stunden hinreichen, das anfangs gesehene Bild ganz umgestaltet zu finden.

§. 128. (Bewohner des Mondes.) Der in §. 126 erwähnten Umstände ungeachtet hat es, nicht bloss unsern Dichtern, sondern auch mehreren Astronomen gefallen, diese Wüste mit Bewohnern, ja sogar mit menschenähnlichen Bewohnern zu bevölkern. Jenen wird man diese poetische Licenz nicht verargen dürfen, da dieser Himmelskörper der Vertraute, um nicht zu sagen, der Freund von uns Allen in jener, wohl den meisten unserer Leser schon entschwundenen Rosenzeit der Jugend gewesen ist, in welcher die lebhaftere Einbildungskraft sich so leicht und gern in die höheren Regionen schwingt, und da er selbst den Gefühllosesten, wenn er sein Auge einmal zu dem gestirnten Himmel erhebt, durch die wunderbare Abwechslung seiner Gestalt und durch sein helles Licht an sich zieht, das nicht nur die Fixsterne, sondern selbst das Licht Jupiters und der Venus verdunkelt:

— — Hesperus, that led
The starry host, rode brightest; till the Moon
Rising in clouded majesty, at length
Apparent queen, unveiled her peerless form,
And o'er the dark her silver mantle threw.

Milton.

Mögen nun die Astronomen selbst zusehen, wie sie sich entschuldigen können, wenn sie, gegen ihre Gewohnheit, das Reich der Wahrheit verlassend, in das Gebiet der Phantasie hinübertreten und uns von den Leuten im Monde, an deren Existenz sie wahrscheinlich selbst nicht glauben, so viele und so sonderbare Dinge vorerzählen, dass ich beinahe Anstand nehmen muss, sie ihnen wieder nachzusagen.

Dass diese Leute, wenn sie überhaupt noch da sind, von uns selbst und Allem, was wir auf der Erde sehen, nicht wenig verschieden sein mögen, wird wohl Niemand bezweifeln wollen, der sich aus dem Vorhergehenden auch nur daran erinnerte, dass der Mond, wenigstens auf der uns zugekehrten Seite, keine, — oder doch keine mit unserer Luft ähnliche Atmosphäre hat, und also auch kein Wasser haben kann. Dieser Mangel an Luft und Wasser, diese allgemeine Dürre, verbunden mit der Abwesenheit aller eigentlichen Jahreszeiten auf dem Monde, muss auf das animalische und vegetabilische Leben der Oberfläche dieses Weltkörpers einen grossen und so wesentlichen Einfluss äussern, dass es uns schwer fallen mag, die Folgen eines solchen Zustandes auch nur in seinen grösseren Zügen einigermassen getreu darzustellen. Vielleicht leben die Geschöpfe des Mondes, wie bei uns die Fische, nur in den tiefsten Theilen der Oberfläche desselben, nur auf dem Boden der vielen Höhlen und Abgründe, wo die sonst so dünne Luft, durch den Druck der oberen Schichten verdichtet, für ihre Lungen noch athembar ist, und wo sie, wie bei uns die Thiere im Innern der Erde, das Licht der Sonne scheuend, wie unsere Maulwürfe und Regenwürmer wohnen, oder gleich den Austern in ganzen Bänken gelagert, ihre Tage in unthätiger Trägheit verleben. Wer weiss, ob nicht die Mondbewohner, der drückenden,

volle vierzehn unserer Tage dauernden Sonnenhitze zu entgehen, sich in jene Höhlen flüchten, aus welchen sie nur für die Zeit ihrer eben so langen Nächte sich wieder herauswagen? Oder haben sie sich vielleicht eben in diesen Tiefen, wie unsere alten Ritter auf den Bergspitzen, ihre Burgen und Städte erbaut? Ist doch, wie man sagt, unser eigenes unterirdisches Rom grösser, als das über der Erde erbaute. Man dürfte diese überirdische Stadt nur wegnehmen und den Boden unter ihr aufbrechen, wie man es mit Pompeji und Herculanum gemacht hat, um sofort auch auf unserer Erde eine solche Mondstadt zu erhalten. Warum sollten wir nicht annehmen dürfen, dass die Leute im Monde, wenn sie schon einmal da sein sollen, auch zugleich so klein und eben so thätig und betriebsam wie unsere Ameisen sind, und dass ihrer daher auf dem Boden einer solchen Höhle nicht weniger in sehr bequemen und geräumigen Häusern beisammen wohnen, als bei uns in Paris oder London zu finden sein mögen. Sind nicht vielleicht die strassenartigen Gänge und Streifen, von welchen wir oben gesprochen haben, und welche jene ausgebrannten Krater, jene unterirdischen Städte mit einander verbinden, wahre Strassen oder wahre Kanäle, durch welche alle diese Städte in gegenseitige Communication gesetzt werden? Weil wir nur auf der Oberfläche unserer Erde leben, sollen darum die Bewohner anderer Weltkörper zu derselben Lebensweise gezwungen sein? Sollte bei der Liebe zur Abwechslung und selbst zu den auffallendsten Verschiedenheiten, die wir in der Natur schon auf unserem eigenen Wohnorte bemerken, der entgegengesetzte Schluss nicht der angemessenere, der wahrscheinlichere sein?

Auch mag es mit der grossen Trockenheit, die auf dem Monde herrscht, vielleicht lange nicht so arg sein, als man auf den ersten Blick glauben sollte. Wegen des Mangels an Luft kann wohl die Kälte, besonders zu ihrer langen Nachtzeit, wie auf den Gipfeln unserer hohen Berge, sehr gross sein, nicht minder gross vielleicht, als die darauf folgende Hitze, wenn endlich nach vierzehn unserer Tage die Sonne über einem Orte aufgeht und eben so lange über seinem Horizonte verweilt. Aber diese langen Tage und Nächte erzeugen auch vielleicht durch eine Art von Destillation im halbleeren Raume eine stete Wanderung aller Feuchtigkeit, die von der durch die Sonne erwärmten Hemisphäre nach der dunkeln Seite des Mondes abfliesst. Die Folge einer solchen Einrichtung würde eine absolute Trockenheit auf der Sonnenseite, und ein immerwährendes Hinströmen der Feuchtigkeit auf die Nachtseite des Mondes sein, so dass, was wir Regen und Thau nennen, dort regelmässig alle vier Wochen die Runde um die ganze Kugel machte, und dass selbst die ebenfalls um den Mond wandernde Lichtgrenze einem Flusse zu vergleichen wäre, der gleich einem beweglichen Reifen die ganze Kugel umspannt und in jedem Monate abwechselnd jeden Theil der Oberfläche mit Wasser versorgt und zur Vegetation vorbereitet, wie es der Nil bei uns nur in jedem Jahre einmal thut. Bei einer solchen Einrichtung wäre es selbst sehr möglich, dass eine immerwährende Evaporation auf der einen, und eine stetige Condensation auf der andern Seite des Mondes eine Art von Gleichgewicht in dem Zustande der Temperatur sowohl, als auch in dem der Feuchtigkeit und Trockenheit hervorbringt, welcher die Extreme derselben mässiget und auf die Bewohner jenes Weltkörpers sehr wohlthätig einwirkt.

Wir haben bereits oben gesagt, dass den Seleniten unsere Erde in der Oberfläche dreizehnmal grösser, als uns der Mond, erscheint, und dass sie ihnen dieselben Abwechslungen der Lichtgestalten zeigt, die wir bei dem Monde bemerken. So auffallend diese Erscheinungen bei einem so grossen Weltkörper an sich sein mögen, so sehr werden sie auch ohne Zweifel schon daran gewohnt sein, und es wird auch dort nicht an Leuten fehlen, die sich um alles das, was über ihnen am Himmel vorgeht, nicht weiter bekümmern. Aber dafür werden eben dieselben und aus eben derselben Ursache, wie bei uns, desto mehr betroffen und erschrocken sein, wenn nun der gewöhnliche Lauf dieser Erscheinungen plötzlich unterbrochen wird, und wenn jener grosse Himmelskörper sich mitten am Tage zwischen sie und die Sonne stellt, und alles um sich her in die Finsterniss der Nacht einhüllt. Ohne Zweifel sind diese Erscheinungen auch auf dem Monde, für den grossen Haufen wenigstens, ein Gegenstand der Furcht und des Entsetzens, wie sie es so lange Zeit auf der Erde waren *). Auch sie werden sich ohne Zweifel

*) In Ostindien ist der Glaube noch heut zu Tage sehr verbreitet, dass bei einer Mondesfinsterniss ein böser Geist seine rabenschwarzen Fittige über den Mond ausbreite, um ihn vom Himmel herabzuziehen, daher die Indier den Flüssen zueilen und sich bis an den Kopf in's Wasser stecken, um sich dadurch vor den Angriffen des bösen Geistes zu schützen. Noch sinnreicher stellen sich die Bewohner der Westküste von Afrika vor, dass die Finsternisse von einer grossen schwarzen Katze verursacht werden, die ihre Pfoten auf die Sonne oder den Mond legt. Die Talapoinen oder Mönche in Siam geben vor, dass die europäischen Astronomen nur desshalb die Zeit, die Dauer und Grösse der Finsternisse so scharf vorhersagen können, weil sie den Appetit eines grossen Drachen genau kennen, der zur Zeit einer Finsterniss die Sonne oder den Mond verschlingen will. Die sonst so gebildeten Griechen glaubten lange Zeit, dass der Mond zur Zeit der Finsternisse von boshaften Magiern bezaubert werde, die ihn durch ihre Künste vom Himmel herabziehen und dann mit seinem Schaume die Kräuter vergiften und die Thiere tödten. Wir mögen uns immerhin in Acht nehmen, über diese Völker zu laut zu lachen, da unsere eigenen Väter vor noch nicht gar langer Zeit es nicht viel besser machten. Manche unserer Leser haben vielleicht einige von den Schriften gelesen, die zur Zeit der totalen Sonnenfinsterniss des 12. Mai 1706 in allen Theilen unseres auch damals schon sehr schreibsüchtigen Deutschlands erschienen sind. Diese Finsterniss ist in der That eine der grössten, die seit langer Zeit in Europa erschienen waren. Der Schatten des Mondes zog beinahe über diesen ganzen Welttheil hin, und diejenigen Gegenden, welche die Finsterniss total sahen, hatten mitten am Tage eine stockfinstere Nacht von beinahe fünf Minuten. Während dieser Zeit konnte man weder lesen noch arbeiten, und kaum erkannte man sich neben einander. Die Nachtvögel kamen aus ihren Klüften, und die Thiere des Feldes suchten ihre Lager auf. Man konnte neben der verfinsterten Sonne die Planeten Merkur, Venus, Jupiter und Saturn und selbst alle grösseren Fixsterne deutlich sehen. Dafür war aber auch diese Finsterniss der Gegenstand des Gespräches selbst in den sogenannten aufgeklärten Zirkeln, und die Gelehrten auf unseren Universitäten lieferten tiefsinnige Betrachtungen über die giftigen Nebel, die bei dieser und überhaupt bei jeder Finsterniss auf die Erde fallen, daher man die Brunnen sorgsam zudecken und das Vieh in ihre Ställe treiben soll, und was dergleichen Dinge mehr sein mochten, die man in Kindermann's »Reisen in die eröffneten Himmelskugeln 1779« nachsehen kann, welches Werk damals in Jedermanns Händen war und mit einer Art von Heisshunger gelesen wurde, obschon es auch gescheitere Leute gab, die ihre Mitbürger eines Bessern belehren wollten, die aber nicht gehört, wohl gar als Freigeister verschrieen wurden. Ganz ähnliche Dinge liessen sich von den letzten in Europa gesehenen totalen Sonnenfinsternissen aus den Jahren 1842 und 1851 berichten, wenn es nicht die Artigkeit gegen unsere Zeitgenossen forderte, zu Exemplificationen dieser Art entferntere Perioden zu wählen. Wollte man aber schon solche Beispiele schonungslos auch unseren Tagen entnehmen, so müsste man nicht,

in ihre Höhlen und Klüfte flüchten und unsere Erde über sich entrückt, oder uns für bezaubert halten, und was dergleichen Thorheiten mehr sein mögen, in welchen wir ihnen mit unserem Beispiele vorangegangen sind. Denn, um mit Fontenelle zu reden, welches Recht sollten sie haben, gescheiter zu sein, als wir? Da die grosse Erde in allen ihren Theilen der Thorheiten so voll ist, warum sollte der kleine Mond eine Ausnahme von dieser, wie es scheint, allgemeinen Regel machen? Sie sollten uns in Furcht setzen können und wir sie nicht? Es hat grosse Völkerschaften bei uns gegeben, und es gibt ihrer wohl noch, die den kleinen Mond als eine Gottheit angebetet haben, warum sollten dasselbe nicht auch die Völker im Monde mit der viel grössern Erde thun können, und warum sollten überhaupt wir allein im ganzen grossen Weltalle die einzigen Thoren sein dürfen?

Aber so sehr sie uns auch in diesem Stücke gleichen mögen, in vielen anderen sind sie gewiss wieder eben so sehr von uns verschieden, und wir würden uns gewiss nicht wenig über ihre Gestalt und über ihr ganzes Wesen verwundern, wenn wir einmal Gelegenheit haben sollten, zu ihnen hinaufzukommen, nicht weniger ohne Zweifel, als sie selbst über uns erstaunen würden, wenn sie uns einmal näher zu Gesichte bekommen sollten. Gewiss können sie sich eben so wenig vorstellen, wie es hier unten zugeht, als wir selbst uns einen Begriff von ihrem Treiben dort oben machen können. Wie sollte es ihnen nur einfallen, dass es auf der grossen, lichten Scheibe, die über ihnen am Himmel schwebt, eine so seltsame Gattung von Geschöpfen gebe, die man das menschliche Geschlecht und zuweilen sogar, ohne Zweifel aus zu grosser Bescheidenheit, das Meisterstück der Schöpfung und Gottes wahres Ebenbild zu nennen pflegt; ein Geschlecht, das so thörichte Leidenschaften hegt und dabei so weise Betrachtungen anstellt; das so kurzdauernd ist und doch so weitaussehende Plane anspinnt; das so viele Kenntnisse von den unnützesten Dingen hat und doch die allernothwendigsten oft so ganz und gar nicht kennt; das so viel Freiheitsdrang neben knechtischen Gesinnungen, so viel Verlangen nach Glückseligkeit und doch keine Kraft, sie zu erhalten und zu geniessen, besitzt?

Uebrigens, was geht das sie an! Gewiss nicht mehr, als sie uns selbst angehen mögen. Genug, wenn jeder von uns mit sich und seiner nächsten Umgebung zufrieden ist, oder doch zu sein sich stellen kann. Warum sollten wir uns auch um sie, die so weit von uns entfernt sind, bekümmern, wir, die wir nicht einmal unsere nächsten Nachbarn kennen, die dasselbe Haus mit uns bewohnen? In der That, wir befinden uns mit diesen Nachbarn schon so lange Zeit auf einem gemeinschaftlichen Schiffe und haben sie noch nicht einmal gesehen. Wir bewohnen, wie wir wenigstens glauben, das Vordertheil dieses Schiffes, während die Leute von Lappland oder die von Neuholland den Hintertheil des Fahrzeuges einnehmen, und so neugierig auch beide sein und so gern sie sonst vor fremden Thüren kehren mögen, so weiss doch einer nichts von dem anderen, und findet es auch kaum der Mühe werth, darnach zu fragen, während sie alle gern wissen möchten, was dort oben im Monde, in einem

wie Mädler gethan, gerade katholische Länder dazu wählen, sondern zur Steuer der Wahrheit ganz gleiche z. B. in protestantischen Staaten vorgekommene Ungeheuerlichkeiten ebenfalls berichten.

anderen Schiffe vorgeht, das so weit von uns auf dem grossen Ocean der Welten herumsegelt *).

Dass es auf diesem Schiffe ganz anders hergeht, als auf dem unseren, daraus folgt noch nicht, dass jene Reisenden weniger glücklich und zufrieden sind, als wir selbst, da auch sie wahrscheinlich wieder ganz andere Wesen sind, als die, welche wir hier unten kennen gelernt haben. Die Natur wird Mittel genug haben, sie für das, was wir Entbehrungen nennen, reichlich zu entschädigen. Ihre Fluren werden vielleicht durch keinen Regen erquickt, aber dafür auch durch keinen Hagel zerschlagen. Sie kennen die Morgen- und Abendröthe nicht, aber sie wissen auch nichts von Wolken und Platzregen, der ihre Felder überschwemmt, und nichts von Orkanen, die ihre Wohnungen zerstören. Wenn sie keinen Regenbogen sehen, so sehen sie auch die verheerenden Blitze nicht, so weckt sie das Brüllen des Donners auch nicht aus ihrem Schlafe, in welchem sie still und friedlich ihre Tage verträumen, während wir die unseren in stetem Kampfe mit uns selbst und unseren

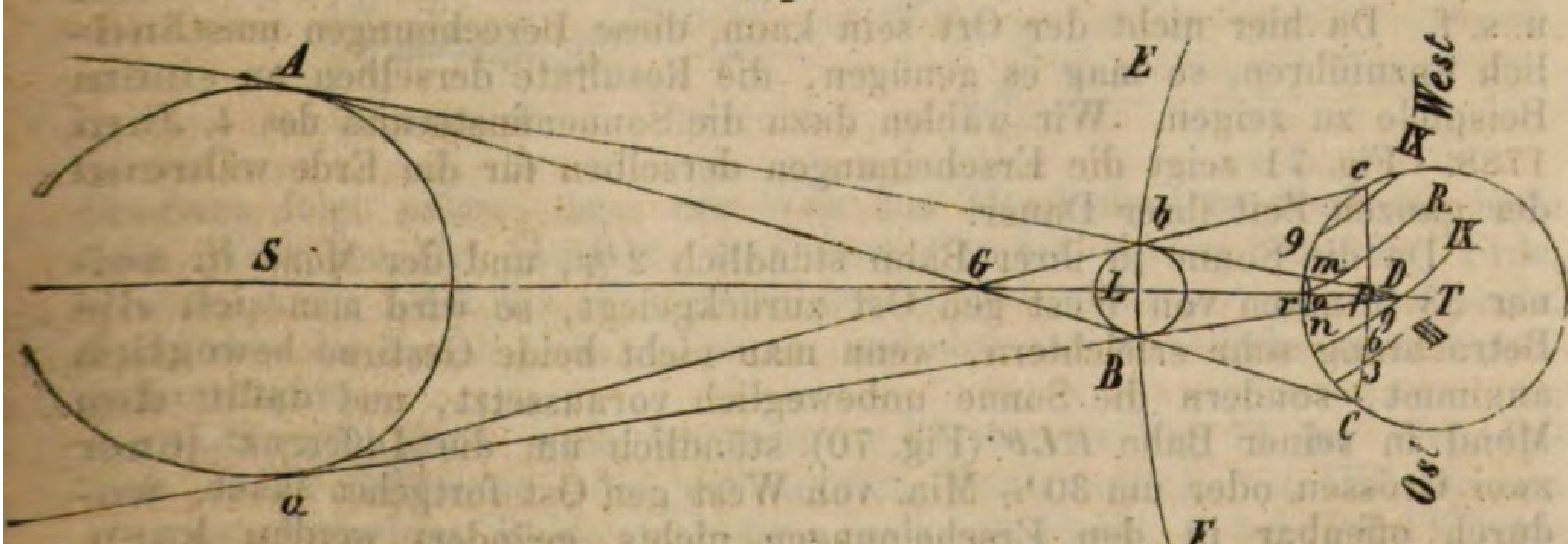
*) Da wir, wie wir aus dem Vorhergehenden wissen, keine Hoffnung haben, je eine Reise in den Mond zu machen, so bleibt uns, mit den Bewohnern desselben Bekanntschaft zu machen, kein anderes Mittel übrig, als eine Art von Correspondenz zwischen diesen beiden Schiffen zu etabliren. Aber auf welche Art? — An Posten und Paketboote ist nicht zu denken. Aber vielleicht an Telegraphen? — Sie müssten etwas gross sein, um in der Entfernung von 50000 Meilen noch gesehen zu werden. Allein diese Schwierigkeit liesse sich vielleicht, wenn man weder Mühe noch Kosten scheut, noch beseitigen. Die grössere und schwerer zu besiegende würde die Wahl der Zeichen und der Sprache sein, die man für diese telegraphische Correspondenz bestimmen soll. So viel auch Sprachen auf unserer Erde angetroffen werden, so sind sie doch alle auf dem Monde unbekannt, und es ist sehr möglich, dass die Leute dort gar keine eigentliche Sprache haben und sich auf ganz andere Art unter einander verständlich machen. Und die Zeichen? — Diese sind allerdings willkürlich, aber dafür muss auch eine vorläufige Verabredung vorausgegangen sein, wenn man anders sich gegenseitig verstehen will. Wie soll man nun diese Verabredung treffen, da uns auch dazu alle Mittel fehlen? — In dieser Verlegenheit hat einer unserer ausgezeichnetsten Geometer einen Vorschlag gemacht, der Manchem auf den ersten Blick sehr ungewöhnlich, der aber, genauer besehen, doch als der einzig mögliche erscheinen wird, und welcher der Sonderheit der Sache wegen, hier eine kurze Erwähnung verdient, wenn gleich Niemand, und am wenigsten der Erfinder des Vorschlags, selbst an eine Ausführung desselben denkt.

Er ging von der Voraussetzung aus, dass die Leute im Monde, wie sie auch übrigens beschaffen sein mögen, mit Verstand begabte Wesen sind. Wer diess nicht annehmen will, muss es auch überflüssig und selbst thöricht finden, mit ihnen eine Correspondenz irgend einer Art zu eröffnen. Wenn sie also, schloss er weiter, in der That verständige Wesen sind, so werden sie, da der Verstand überall derselbe sein muss, die eigentliche Verstandeswissenschaft, d. h. die Mathematik treiben. Wenn sie sich aber mit Mathematik beschäftigen, so können ihnen, da sie schon so lange zur Schule gehen, wenigstens die ersten Hauptsätze der Geometrie nicht unbekannt sein. Wenn man ihnen daher eine der sprechendsten Figuren der Elementargeometrie, z. B. die bekannte des sogenannten Quadrats der Hypothenuse, im grossen Massstabe, etwa auf einer weiten Ebene der Erde verzeichnet, vorlegte, so dass sie dieselbe erkennen könnten, so würden sie wahrscheinlich dadurch aufmerksam gemacht werden und uns vielleicht mit der Zeit durch eine ähnliche Figur, die sie auf der Mondesfläche ausführen, eine Antwort und ein Zeichen geben können, dass sie uns verstanden haben. Dadurch würden wir also wenigstens die Ueberzeugung erhalten, dass es dort oben Wesen gibt, die mit Verstand begabt sind und mit denen zu correspondiren es der Mühe werth ist. Sonach wäre der erste Schritt zu einer näheren Bekanntschaft mit den Mondesbürgern gemacht und die andern — werden folgen, wenn erst dieser in's Reine gebracht sein wird.

Umgebungen zubringen. Und während unseren Freuden nur zu oft Reue und Schmerz folgt, sind ihnen vielleicht beide völlig unbekannt. Wenn wir, die wir mit einem vielleicht sehr übel angebrachten Stolze auf unsern sogenannten Diener und auf die Bewohner desselben herabsehen, wenn wir, wenn die Besten von uns ihr Glück in einem thatenreichen, mit Ehre und Schätzen bedeckten Leben suchen und es nicht finden — so kümmern sie, in ihrer ewigen Ruhe, sich nichts um das Schattenbild des Ruhmes und geniessen dafür ein, wohl weniger glänzendes, aber dafür auch ein desto reineres und stetigeres Glück, und haben keine Ursache, uns um all' unser Drängen und Treiben zu beneiden. Wenn sie die Buchdruckerkunst noch nicht erfunden haben sollten, so kennen sie dafür auch die vielen schlechten Bücher nicht, mit welchen wir geplagt sind, so ist ihnen auch alle die Mühseligkeit und Verkehrtheit unbekannt geblieben, die in dem Gefolge jener Erfindung über uns gekommen ist, und wenn sie dadurch in ihren Schulen und Universitäten etwas zurückgeblieben sein, und, wie man sagt, das Pulver noch nicht erfunden haben sollten, nun so ist ihnen dafür auch unsere höhere Taktik unbekannt geblieben, durch die wir, oft ohne zu wissen warum, unsere Brüder zu Tausenden in einer Stunde morden, blühende Städte in Aschenhaufen und glückliche Länder in Wüsten und Leichenfelder verwandeln. Und in der That, wenn wir uns schon einmal diesen Gegensätzen überlassen wollen, wer könnte es uns verargen, wenn wir die schon längst von der Erde aus Pandora's Urne entflohenen Güter dort aufsuchen möchten, den ewigen Frieden, nach dem wir schon so lange vergebens seufzen, das goldene Zeitalter, das nur mehr in unsern Gedichten lebt, und die Unschuld der Sitten, die, nach Ariosto's lieblicher Dichtung, sammt dem verlornen gesunden Menschenverstande unserer Gelehrten und Helden, dort oben unter der Aufsicht eines eigenen Genius in besonderen Phiolen aufbewahrt werden und desshalb hier unten so selten mehr zu finden sein sollen.

§. 129. (Berechnung der Sonnenfinsternisse.) Uns wieder ernsteren Dingen zukehrend, wollen wir zum Schlusse dieses Kapitels sehen, auf welche Weise die Astronomen die Erscheinungen einer Sonnenfinsterniss auf der Oberfläche der Erde darzustellen pflegen. — Wir haben bereits oben (*I.* §. 173) gesagt, dass verschiedene Orte der Erde dieselbe Finsterniss auf sehr verschiedene Art und mehrere derselben auch wohl gar nicht sehen können. Wenn nämlich (Fig. 70) *S* den Mittelpunkt der Sonne, *L* des Mondes und *T* der Erde bezeichnet, und wenn man die zwei

Fig. 70.



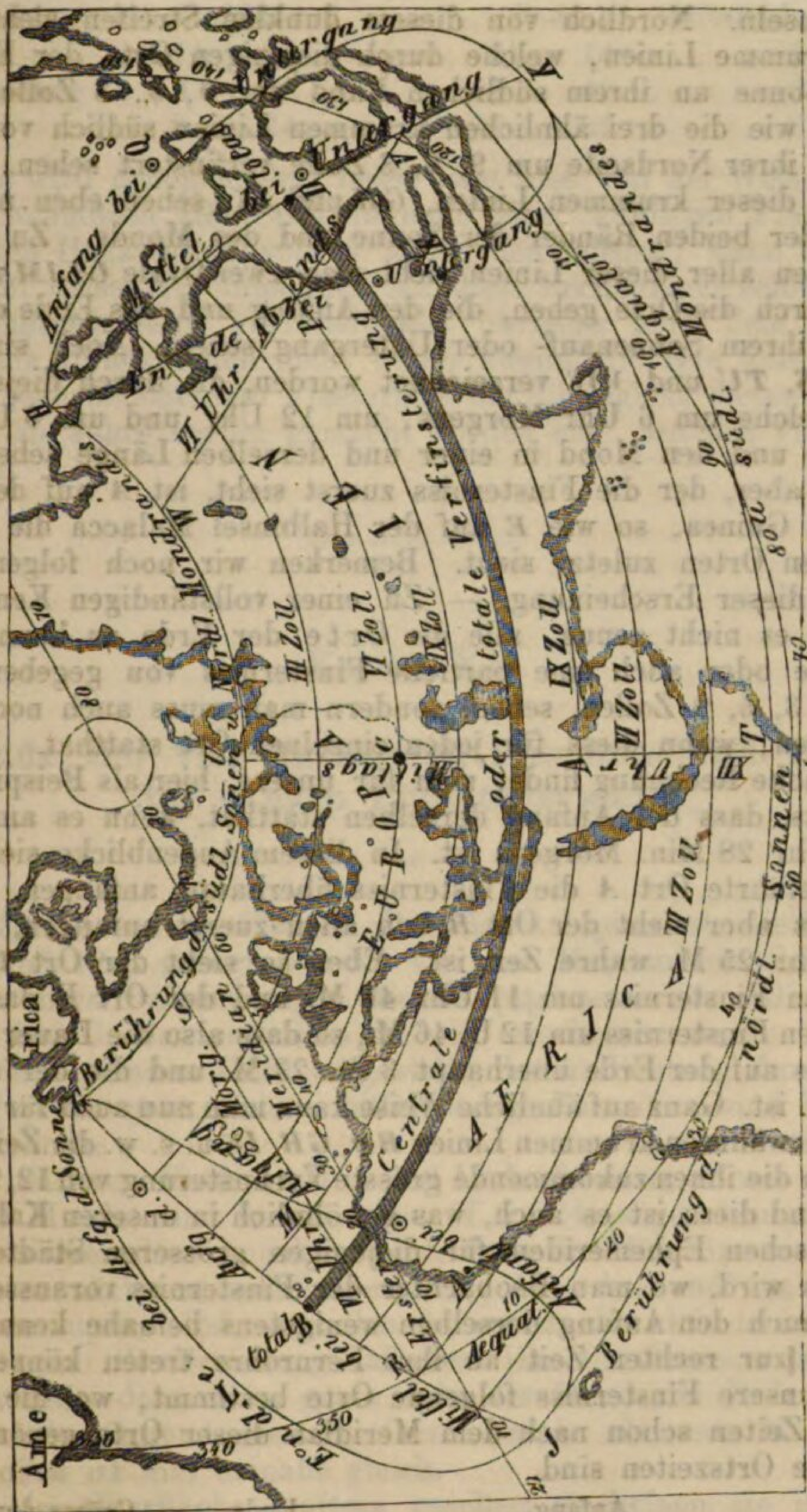
Tangenten *AbD* und *aBD* zieht, welche Sonne und Mond auf derselben Seite berühren, so wird *BDb* den Schattenkegel vorstellen, welchen der Mond zur Zeit des Neulichtes auf die Erde wirft. Dieser Schatten begegnet der Oberfläche der Erde, wenn er sie überhaupt erreicht, in einem Kreise *mon*, dessen Durchmesser *mn* ist. Alle Orte der Erde, welche von diesem Kreise getroffen werden, sehen eine totale Sonnenfinsterniss, oder die Sonne wird ihnen, zur Zeit der grössten Finsterniss, ganz unsichtbar sein. — Zieht man aber noch die zwei Tangenten *ABC* und *abc*, welche Sonne und Mond auf entgegengesetzten Seiten berühren, und lässt man auch diese Tangenten sich um beide Körper drehen, so werden sie ebenfalls einen Kegel *cGC* beschreiben, dessen Spitze in *G*, zwischen Sonne und Mond ist, während die Spitze *D* des ersten Kegels *BDb* ausserhalb jener zwei Körper liegt. Dieser zweite Kegel *cGC* wird die Oberfläche der Erde wieder in einem Kreise schneiden, dessen Durchmesser *Cc* ist, und alle Orte der Erde, welche in diesem Kreise liegen, werden die Sonne wenigstens zum Theil verfinstert, oder sie werden eine partielle Finsterniss und zwar eine um so grössere sehen, je näher diese Orte an dem Kreise *mn* liegen. Alle ausser dem Kreise *Cc* liegenden Orte der Erde aber werden von dieser Finsterniss gar nichts sehen.

Man pflegt den Durchmesser der Sonne in 12 gleiche Theile, die man Zolle nennt, zu theilen. Wenn nun der Ort in 3 eben drei Zolle oder den vierten Theil der Sonne zur Zeit seiner grössten Finsterniss verdunkelt sieht, so sagt man, dieser Ort hat eine Finsterniss von drei Zollen. Und eben so haben die Orte 6, 9 . . eine Finsterniss von 6, 9 . . Zollen, oder sie sehen die Sonne an ihrem südlichen Rand um 6, 9 . . Zolle verdunkelt.

Es handelt sich nun darum, durch Rechnung zu bestimmen, welches diejenigen Orte der Erde sind, die für einen jeden gegebenen Augenblick eine totale oder auch eine partiale Finsterniss von 11, 10, 9 . . Zollen als grösste Verfinsterung sehen. Da nämlich während der ganzen Dauer der Finsterniss die Erde nicht stille steht, sondern eine doppelte Bewegung hat, die jährliche um die Sonne *S* und die tägliche um ihren Mittelpunkt *T*, so wird z. B. der Punkt *r*, oder der Mittelpunkt des vollen Schattenkreises *mno* für jeden Augenblick eine andere Stelle auf der Oberfläche der Erde einnehmen, oder dieser Punkt wird irgend eine krumme Linie *rR* auf der Erde beschreiben, und eben so werden alle Punkte der Erde, welche eine grösste Verfinsterung von 3 oder 9 Zollen sehen, eine andere krumme Linie 3. *III.* oder 9. *IX.* bilden u. s. f. Da hier nicht der Ort sein kann, diese Berechnungen umständlich anzuführen, so mag es genügen, die Resultate derselben an einem Beispiele zu zeigen. Wir wählen dazu die Sonnenfinsterniss des 4. Juni 1788. Fig. 71 zeigt die Erscheinungen derselben für die Erde während der ganzen Zeit ihrer Dauer.

Da die Sonne in ihrer Bahn stündlich 2½, und der Mond in seiner 33 Minuten von West gen Ost zurückgelegt, so wird man sich die Betrachtung sehr erleichtern, wenn man nicht beide Gestirne beweglich annimmt, sondern die Sonne unbeweglich voraussetzt, und dafür den Mond in seiner Bahn *ELF* (Fig. 70) stündlich um die Differenz jener zwei Grössen oder um 30½ Min. von West gen Ost fortgehen lässt, wodurch offenbar in den Erscheinungen nichts geändert werden kann.

Fig. 71.



Daraus folgt sofort, dass der Weg des Mondschattens über die Erde von West gen Ost hinzieht, und dass für die beiden Orte der Erde, welche unter allen die Finsterniss zuerst und zuletzt sehen, der erste, westliche die Sonne eben aufgehen, und der zweite östliche eben untergehen sieht.

So geht denn auch bei unserer Finsterniss Fig. 71 der Weg *BD* des vollen Schattens oder der totalen Verfinsterung von Westen am grünen Vorgebirg *B* bis nach dem östlichen Punkt *D* bei den Philippi-

nischen Inseln. Nördlich von diesem dunklen Streifen sieht man drei andere krumme Linien, welche durch diejenigen Orte der Erde gehen, die die Sonne an ihrem südlichen Rand um 9, 6, 3 Zolle verfinstert sehen, so wie die drei ähnlichen krummen Linien südlich von *BSD* die Sonne an ihrer Nordseite um 9, 6, 3 Zolle verfinstert sehen. Die beiden äusserten dieser krummen Linien, *GH* und *IK*, sehen eben nur eine Berührung der beiden Ränder der Sonne und des Monds. Zu den beiden Endpunkten aller dieser Linien sieht man zwei Ovale *GLIM* und *HPKQ*, welche durch die Orte gehen, die den Anfang und das Ende der Finsterniss bei ihrem Sonnenauf- oder Untergang sehen. Noch sind die drei Bogen *RS*, *TU* und *VW* verzeichnet worden, die durch diejenigen Orte gehen, welche um 6 Uhr Morgens, um 12 Uhr und um 6 Uhr Abends die Sonne und den Mond in einer und derselben Länge sehen. Der Ort der Erde aber, der die Finsterniss zuerst sieht, ist *A* auf der Südwestküste von Guinea, so wie *E* auf der Halbinsel Malacca die Finsterniss unter allen Orten zuletzt sieht. Bemerken wir noch folgende Hauptmomente dieser Erscheinung. — Zu einer vollständigen Kenntniss derselben ist es nicht genug, alle die Orte der Erde zu kennen, welche eine totale oder auch eine partielle Finsterniss von gegebener Grösse, z. B. von 3, 6, 9 Zollen, sehen, sondern man muss auch noch die Zeiten kennen, wann diess für jeden einzelnen Ort statthat. Durch eine sehr einfache Rechnung findet man für unsere, hier als Beispiel gewählte Finsterniss, dass der Anfang derselben statthat, wenn es am 4. Juni in Wien 7 Uhr 28 Min. Morgens ist. In diesem Augenblicke sieht also der oben angeführte Ort *A* die Finsterniss überhaupt anfangen. Die totale Finsterniss aber sieht der Ort *B* von allen zuerst anfangen, wenn es in Wien 8 Uhr 25 M. wahre Zeit ist. Eben so sieht der Ort *D* das Ende der totalen Finsterniss um 11 Uhr 48 M. und der Ort E das Ende der allgemeinen Finsterniss um 12 U. 46 M., so dass also die Dauer der totalen Finsterniss auf der Erde überhaupt 3 St. 23 M. und die der allgemeinen 5 St. 18 M. ist. Ganz auf ähnliche Weise kann man nun auch für alle Punkte der oben erwähnten krummen Linien *BD*, *GH*, *IK* u. s. w. die Zeiten bestimmen, wann die ihnen zukommende grösste Verfinsterung von 12, 9, 6.. Zollen eintritt, und diess ist es auch, was gewöhnlich in unseren Kalendern und astronomischen Ephemeriden für diejenigen grösseren Städte der Erde angegeben wird, wo man Beobachter der Finsterniss voraussetzen kann, die also auch den Anfang derselben wenigstens beinahe kennen müssen, damit sie zur rechten Zeit an ihre Fernröhre treten können. So hat man für unsere Finsterniss folgende Orte bestimmt, wo die ihnen beigesetzten Zeiten schon nach dem Meridian dieser Orte genommen, also sogenannte Ortszeiten sind.

	Anfang.		Ende.		Grösse der Finsterniss.
Amsterdam	7^h	41^m . . .	9^h	30^m . . .	$4\frac{3}{10}$ Zolle
Berlin	8	19 . . .	10	16 . . .	$5\frac{1}{10}$
Constantinopel	9	7 . . .	11	48 . . .	$9\frac{9}{10}$
Hamburg	8	9 . . .	9	58 . . .	$4\frac{3}{10}$
Königsberg	9	0 . . .	11	0 . . .	$4\frac{9}{10}$
Lissabon	6	15 . . .	8	7 . . .	$6\frac{5}{10}$
London	7	18 . . .	9	2 . . .	$8\frac{8}{10}$
Madrid	6	43 . . .	8	36 . . .	$6\frac{7}{10}$
Neapel	7	50 . . .	10	19 . . .	$8\frac{8}{10}$

	Anfang.		Ende.		Grösse der Finsterniss.
Paris	7^h	21^m . . .	9^h	14^m . . .	$5\,{}^1/_{00}$
Petersburg	9	58 . . .	11	42 . . .	$3\,{}^7/_{10}$
Wien	8	24 . . .	10	32 . . .	$6\,{}^3/_{10}$

Diess wird genügen, dem Leser eine Idee von der Weise zu geben, wie die Astronomen alle Erscheinungen einer künftigen Finsterniss mit der grössten Genauigkeit voraus anzugeben pflegen, wenn es gleich in einer Schrift dieser Art unmöglich ist, diese Rechnungen selbst umständlich anzuführen, deren Verlässlichkeit übrigens auch dem mit diesem Gegenstande Unbekannten nicht weiter zweifelhaft sein kann, da jedes Jahr und jede beobachtete Finsterniss die Richtigkeit dieser Berechnungen, die viele Jahre vorher gemacht worden sind, auf das Vollständigste bestätigen.

Kapitel XII.

Die Monde der vier äussersten Planeten und Uebersicht des ganzen Planetensystems.

§. 130. (Die vier Monde Jupiters.) Der Planet Jupiter ist, wie bereits oben (*I.* §. 74 und 174) gesagt wurde, von vier Monden umgeben. Da die Neigungen ihrer Bahnen gegen die Hauptplaneten sämmtlich zwischen zwei und drei Graden enthalten sind, so erscheinen sie uns immer sehr nahe in einer geraden Linie aufgestellt, deren Richtung durch den Mittelpunkt Jupiters geht. Schon mittelmässige Fernröhre sind hinreichend, sie zu erkennen.

Die mittleren Entfernungen und Umlaufszeiten, so wie die Grössen dieser vier Monde, sind bereits oben (*I.* §. 174) angegeben worden. Aus den dort mitgetheilten Angaben folgt, dass ihre Durchmesser, von dem, den Planeten nächsten anzufangen, ${}^1/_{34}$, ${}^1/_{42}$, ${}^1/_{24}$ und ${}^1/_{34}$ des Durchmessers von Jupiter sind, dass also der zweite der kleinste und der dritte der grösste ist. In Beziehung auf diese ihre Durchmesser ist der erste und vierte nahe doppelt so gross, als der Mond der Erde, der dritte hat einen nahe fünfmal grösseren Durchmesser, als unser Mond, und der zweite endlich ist ihm beinahe gleich.

Von der Oberfläche Jupiters gesehen erscheinen sie in derselben Ordnung, unter dem scheinbaren Durchmesser von 33, 17, 19 und 7 Minuten; von der Erde aber beträgt keiner dieser Durchmesser noch zwei Sekunden.

Dafür erscheint Jupiter selbst auf diesen Monden von einer gewaltigen und imposanten Grösse. Die Bewohner des nächsten Mondes sehen ihren Hauptplaneten unter einem Durchmesser von $19\,{}^3/_4$ Graden, also 37mal grösser, als uns der Durchmesser der Sonne, oder in der Oberfläche 1370mal grösser, als uns die Oberfläche der Sonne erscheint. Für diesen Satelliten kann daher sein Hauptplanet das ganze grosse Stern-

bild Orion bedecken, und wenn er an dem Horizonte des Mondes auf- oder untergeht, so nimmt er den achtzehnten Theil desselben ein. Auf dem zweiten Satelliten erscheint Jupiter, in Beziehung auf seine Oberfläche 620, auf dem dritten 240 und auf dem vierten endlich 78mal grösser als uns die Oberfläche der Sonne.

Der Durchmesser der Sonne selbst aber erscheint den Bewohnern Jupiters und seiner Satelliten nur mehr unter dem kleinen Winkel von sechs Minuten, so dass der Abstand in der Grösse, wie den Bewohnern der Satelliten die Sonne und ihr Hauptplanet erscheint, noch viel auffallender ist. In der That sehen die Bewohner des ersten oder nächsten Mondes die Oberfläche Jupiters 37000, die des zweiten 14600, des dritten 5800 und endlich die des vierten 1800mal grösser, als sie die Sonne sehen, von welcher sie im Mittel um 108 Millionen Meilen entfernt sind.

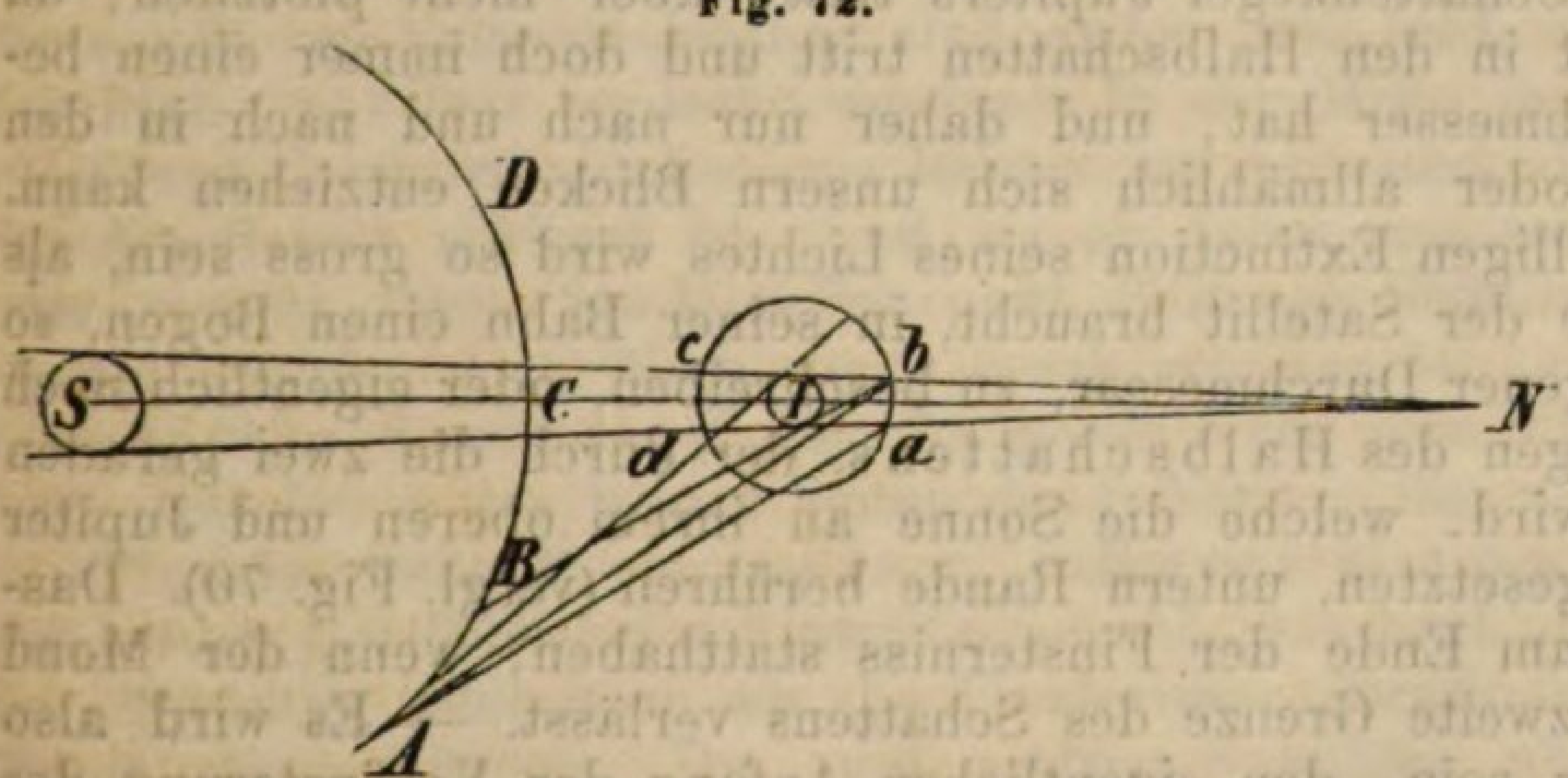
§. 131. (**Vorübergänge dieser Satelliten vor der Scheibe Jupiters.**) Es wurde bereits (*I.* §. 174) bemerkt, dass man diese Monde mit guten Fernröhren zuweilen auf der Scheibe Jupiters selbst bemerkt, wenn sie nämlich zwischen ihm und der Erde durchgehen. Sie erscheinen dann als kleine Scheiben, die sich durch ihre Farbe auf dem beleuchteten Hintergrunde Jupiters auszeichnen. Taf. V. zeigt in der Abbildung Jupiters Fig. 1 links solche Projection eines Satelliten auf den Hauptplaneten. Oefters schon hat man in diesen Scheiben einen kleinen, helleren oder grauen Flecken gesehen, der mit dem Monde selbst dieselbe Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung hat, und daher ein dunkler Flecken dieses Mondes ist. Bei dem vierten Satelliten hat man überdiess eine periodische Aenderung seines Lichtes bemerkt, indem er immer am stärksten glänzt, wenn er weiter als Jupiter von der Erde entfernt ist, und am schwächsten, wenn er für uns diesseits seines Hauptplaneten steht, so dass er uns dort seine hellere, hier aber seine dunklere Seite zuzuwenden scheint. Man hat daraus den Schluss gezogen, dass auch diese Monde, so wie der der Erde, in derselben Zeit sich um ihren Hauptplaneten bewegen, in welcher sie sich um ihre Axe drehen. Spätere Beobachtungen haben diess bei diesen Monden sowohl, als auch selbst bei einigen Monden Saturns bestätigt (*I.* §. 163); Secchi indessen glaubt am 3. Jupiterssatelliten eine Abweichung von dieser Regel bemerkt zu haben. Diese Gleichheit der Revolution und Rotation soll schon Hartsöker im J. 1706 gemuthmasst haben, und wenn er gleich die Gründe davon nicht angeben konnte, so war es doch gut, uns durch die Bekanntmachung seiner Meinung auf die Sache aufmerksam gemacht zu haben. Es ist allerdings viel leichter zu muthmassen, als zu beweisen oder zu erfinden, und wir haben, besonders in der Astronomie, Beispiele genug, die diess bestätigen. Aber auch jene ersten Muthmassungen haben oft ihren hohen Werth, und es ist nicht Jedermanns Sache, mit Glück solche Meinungen aufzustellen, die oft erst spät nachher durch unmittelbare Beobachtungen wahr befunden werden, ja die oft selbst den Beobachter auf den richtigen Weg geleitet und die eigentliche Erfindung vorbereitet haben. Man sollte es daher Niemand, der sich dazu aufgelegt fühlt, verargen, Muthmassungen, selbst gewagte, aufzustellen, und mit Hypothesen zu experimentiren, da diese Spiele, denn mehr sind sie gewöhnlich anfangs nicht, so lange sie nicht missbraucht werden, unschuldige Operationen sind, die später sehr nützlich werden können, wenn sie in die rechten Hände fallen, obschon sie übrigens, man muss es ge-

stehen, auch schon Unheil genug angerichtet haben. Diese Dinge lassen sich mit dem Feuer vergleichen, von dem man zu sagen pflegt, es sei ein vortrefflicher Diener, aber ein sehr gefährlicher Herr.

Da übrigens dieser periodische Lichtwechsel und jene dunklen Flecken auf der Oberfläche der Satelliten nicht bei jedem Umlaufe derselben um seinen Hauptplaneten sichtbar sind, so scheinen auf dieser Oberfläche öfter bedeutende Umwälzungen vor sich zu gehen, die selbst in der grossen Entfernung dieser Himmelskörper von uns noch sichtbar sein können. Vielleicht sind daher diese Monde, so wie ihr Hauptplanet selbst mit sehr dichten Atmosphären umgeben, in welchen grosse Revolutionen statthaben.

§. 132. (Verfinsterungen dieser Monde.) Eben so ist bereits früher (*I.* §. 177) bemerkt worden, dass die Verfinsterungen der Satelliten Jupiters uns ein bequemes Mittel gewähren, die geographische Länge der Beobachtungsorte zu bestimmen, das besonders auf der See sehr gut angewendet werden konnte, da diese Finsternisse so oft wiederkehren und viel häufiger, als bei unserm Monde, vorfallen. In den neueren Zeiten, wo die Theorie und die Tafeln unseres eigenen Mondes zu einer so grossen Vollkommenheit gebracht worden sind, bedient man sich zu diesem für die Seefahrt so wichtigen Zwecke mit Vortheil der beobachteten Distanzen des Mondes von den übrigen Gestirnen, anderer Wege, die noch viel bequemer zu demselben Ziele führen, hier nicht zu gedenken. Allein zur Zeit der Entdeckung jener Satelliten, im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts, hatte man kein anderes Mittel, die geographische Länge zweier sehr von einander entfernten Orte zu bestimmen, als eben die Finsternisse dieser Satelliten, da die unseres Mondes zu selten vorfallen, um auf der See von grossem Nutzen zu sein.

Fig. 72.



Sei *S* die Sonne Fig. 72, *J* Jupiter, *ABC* die Bahn der Erde, und *abcd* die Bahn eines Satelliten des Jupiter, wo sich die Erde und der Satellit von West nach Ost oder in der Richtung *ABC* und *abc* bewegen. Wenn der Satellit in der Gegend *ab* seiner Bahn, oder in der Nähe des Schattenkegels *cNd* ist, den Jupiter, von der Sonne *S* beschienen, hinter sich wirft, so verschwindet er unseren Blicken, sobald er in diesen Schatten tritt, und zeigt dadurch für die Bewohner des Hauptplaneten eine Mondesfinsterniss. Wenn aber der Satellit in der Gegend *cd* seiner Bahn, zwischen der Sonne und seinem Hauptplaneten steht, so wirft er seinen eigenen Schatten auf den letzten und erzeugt dadurch eine Sonnenfinsterniss (vergl. *I.* §. 174). Man sieht daraus, dass die Finsternisse dieser Satelliten im Allgemeinen ganz analog mit denen unseres Mondes (*I.* §. 173) sind, obschon sie sich auch wieder in einigen Nebenumständen wesentlich von ihnen unterscheiden. Wegen der viel grösseren Entfernung Jupiters von

der Sonne ist nämlich der Schattenkegel, den dieser Planet hinter sich wirft, viel länger, und wegen der ungemeinen Grösse Jupiters ist sein Schatten auch viel breiter, als der der Erde. Diese Satelliten selbst sind überdiess gegen ihren Hauptplaneten viel kleiner, als unser Mond gegen die Erde, ihre Bahnen sind viel weniger gegen die Ekliptik geneigt, und auch verhältnissmässig bedeutend kleiner, als die Bahn unseres Mondes. Aus diesen Gründen gehen die drei ersten oder nächsten Satelliten Jupiters, so oft sie bei *ab* mit der Sonne, von Jupiter aus gesehen, in Opposition sind, immer durch den Schatten des Planeten, oder sie werden bei jedem Neumonde verfinstert, und selbst der vierte muss, wenn er ja zuweilen diesem Schatten oben oder unten vorbeigeht, den Rand desselben meistens streifen. Aber der vorzüglichste Unterschied zwischen den Finsternissen dieser Satelliten und unseres Mondes besteht darin, dass wir jene nicht, wie diese, aus dem Mittelpunkte der Bewegung dieser Satelliten, sondern von irgend einem Punkte *A*, *B*, *C* der Erdbahn sehen, der nicht in der Richtung der geraden Linie liegt, welche die Sonne, den Planeten und den Satelliten mit einander verbindet, so dass also die Schattenaxe *IN* zu verschiedenen Zeiten auch eine verschiedene Lage gegen die Gesichtslinie *AI*, *BI*, *CI* haben wird, die von der Erde nach Jupiter geht. Dieser Umstand macht zwar keinen Unterschied in der absoluten Zeit, wann diese Mondesfinsternisse bei *ab* anfangen und enden, denn da sie wahre Beraubungen des nur geborgten Lichtes der Satelliten sind, so müssen diese Erscheinungen aus allen Orten in demselben Augenblicke gesehen werden. Aber er hat dafür einen desto grösseren Einfluss auf die Sichtbarkeit dieser Finsternisse, wie wir sogleich näher sehen werden.

Der Satellit wird in dem Augenblicke verfinstert, wo er in dem Punkte *a* in den Schattenkegel Jupiters tritt: aber nicht plötzlich, da der Satellit zuerst in den Halbschatten tritt und doch immer einen beträchtlichen Durchmesser hat, und daher nur nach und nach in den Schatten treten oder allmählich sich unsern Blicken entziehen kann. Diese Zeit der völligen Extinction seines Lichtes wird so gross sein, als diejenige Zeit, die der Satellit braucht, in seiner Bahn einen Bogen, so gross als sein eigener Durchmesser, zu beschreiben, oder eigentlich noch etwas grösser, wegen des Halbschattens, der durch die zwei geraden Linien begränzt wird, welche die Sonne an ihrem oberen und Jupiter an dem entgegengesetzten, untern Rande berühren (vergl. Fig. 70). Dasselbe wird auch am Ende der Finsterniss statthaben, wenn der Mond bei *b* wieder die zweite Grenze des Schattens verlässt. — Es wird also auch sehr schwer sein, den eigentlichen Anfang der Verfinsterung des Satelliten, so wie das völlige Ende desselben genau anzugeben, und man sieht, dass die Güte des Auges und des Fernrohrs, sowie die Reinheit der Atmosphäre während der Beobachtung einen grossen Einfluss auf dieselbe äussern kann. Diesen ungünstigen Umstand so viel als möglich zu vermeiden, wird man sich daher, wo es sein kann, nie mit der Beobachtung des blossen Anfanges oder auch des Endes einer solchen Finsterniss begnügen, sondern man wird mit demselben Fernrohre beide Momente beobachten und aus ihnen das Mittel nehmen, wo man dann die Zeit desjenigen Augenblickes erhält, zu welchem der Satellit in der Schattenaxe *IN* oder in Opposition mit der Sonne gewesen ist. Nur solche vollständige Beobachtungen einer Finsterniss, wenn sie an mehreren Or-

ten angestellt wurden, wird man mit Sicherheit zur Bestimmung der geographischen Länge dieser Orte (nach *I*. §. 177), sowie auch zur Verbesserung der Theorie der Bewegungen dieser Himmelskörper anwenden.

Der blosse Anblick der Zeichnung lehrt schon, dass diese Finsternisse alle auf der Westseite von Jupiter statthaben, wenn die Erde selbst in *A* oder westlich von der Schattenaxe *SIN* liegt, d. h. in der Zeit, die der Opposition Jupiters vorhergeht; diese letzte aber hat statt, wenn die Erde in *C*, oder wenn sie selbst in der Schattenaxe liegt. Je näher die Erde diesem Punkte *C* der Opposition kommt, desto näher kommt auch die Gesichtslinie *Aa*, *Ba*.. zu ihrer Coincidenz mit der Schattenaxe *IN*, desto weniger sind beide Linien *Aa* und *IN* gegen einander geneigt und desto näher an dem westlichen Rande Jupiters werden auch die Eintritte der Satelliten sich ereignen. Wenn die Erde in den Punkt *B* kommt, wo die Linie *Bb*, die man von der Erde nach dem Satelliten zur Zeit seines Austritts aus dem Schatten zieht, den Planeten an seinem westlichen Rande berührt, so haben diese Austritte, wie sie von der Erde gesehen werden, an dem Rande Jupiters selbst statt, und können daher zu dieser Zeit eben so wenig gesehen werden, als die darauf folgenden Tage, wo diese Austritte für uns sogar hinter der Scheibe Jupiters vor sich gehen. Noch später wird man auch die Eintritte bei *a* nicht mehr sehen, da auch diese, von der Erde gesehen, sich hinter dem Planeten ereignen.

Vor der Opposition Jupiters also, oder zu der Zeit, wo dieser Planet Vormittags durch den Meridian geht, fällt der Schattenkegel desselben für uns auf die westliche, nach der Opposition aber auf die östliche Seite, daher wir dort die Eintritte der Monde auf der westlichen, hier aber die Austritte derselben auf der östlichen Seite Jupiters sehen, während uns dort die Austritte auf der östlichen und hier die Eintritte auf der westlichen Seite unsichtbar sind, indem uns beide von der Scheibe des Planeten selbst verdeckt werden. In der Mitte zwischen der Opposition und Conjunction aber, wo Jupiter am weitesten oder neunzig Grade von der Sonne entfernt ist, und wo er daher um sechs Uhr Morgens oder Abends durch den Meridian geht, fällt sein Schatten auch am meisten gegen Ost oder West, und dieser Schatten ist dort, wo die zwei äussersten Satelliten durch ihn gehen, von dem Planeten schon so fern, dass keine der beiden Seiten des Schattens für uns von der Scheibe des Planeten bedeckt werden kann, daher wir also auch dann, von diesen beiden Satelliten, die Eintritte sowohl, als auch die darauf folgenden Austritte, oder dass wir die Finsternisse derselben in ihrer ganzen Dauer sehen können. Die zwei andern Satelliten aber stehen ihrem Hauptplaneten immer so nahe, dass man vor der Opposition bloss ihre Eintritte und nach der Opposition bloss ihre Austritte sieht, daher auch die Finsternisse dieser zwei nächsten Satelliten zu einer genauen Bestimmung der geographischen Länge viel weniger geschickt sind, als die beiden anderen.

§. 133. (Verfinsterungen Jupiters durch diese Monde.) Anders verhält sich die Sache, wenn der Satellit in seiner Bahn zu dem Punkte *c* kommt, wo er zwischen der Sonne und seinem Planeten ist, und wo man ihn dann von der Erde als einen runden Flecken über die Scheibe dieses Planeten ziehen sieht, sobald er in die gerade Linie tritt, welche die Erde in *A*, *B* oder *C* mit dem östlichen Rande des Planeten verbindet. Diess

sind Sonnenfinsternisse für die Bewohner Jupiters (*I.* §. 173), während die vorher betrachteten Erscheinungen als Mondesfinsternisse (*I.* §. 172) anzusehen waren. In der That wirft dann der Satellit in *cd* seinen eigenen Schattenkegel auf die ihm gegenüber stehende Oberfläche des Planeten und verdunkelt diesem dadurch das Licht der Sonne. Zu derselben Zeit sieht man denn auch einen zweiten, nahe eben so grossen, grauen Flecken auf der Oberfläche Jupiters, dem Satelliten vorausgehen, wenn die Finsterniss vor der Opposition Jupiters sich ereignet, oder ihm folgen, wenn sie nach der Opposition statthat. Diess ist offenbar der Schatten des Satelliten, der über die Oberfläche des Planeten während der Finsterniss hinzieht. Fig. 1 auf Taf. V. zeigt diesen Schatten rechts von dem auf Jupiter sich projicirenden Satelliten. Bei diesen Vorübergängen der Satelliten, die mit lichtstarken Fernröhren sehr scharf beobachtet werden können, sieht man den Satelliten auch zuweilen als einen dunklen, nicht mehr runden, sondern unregelmässig begrenzten Flecken, dessen Dimensionen beträchtlich kleiner sind, als die seines Schattens, woraus Schröter und Harding den Schluss gezogen haben, dass diese Satelliten zuweilen auf ihrer Oberfläche oder in ihrer Atmosphäre grosse, dunkle Stellen haben. Jene Erscheinung lässt sich aber auch eben so gut bei Körpern, die in reflectirtem Lichte leuchten, durch besonders glatte Stellen ihrer Oberfläche erklären, welche nicht mehr als Flächen, sondern leuchtende Punkte sich darstellen, also nahezu verschwinden würden.

§. 134. (Theorie der Satelliten Jupiters.) Die Theorie der Bewegungen und der gegenseitigen Störungen dieser Satelliten ist Schwierigkeiten unterworfen. Aber ihre grosse Entfernung von uns gestattet, bei den vorzüglichsten ihrer Perturbationen stehen zu bleiben, da wir die kleineren Ungleichheiten doch nicht mehr unterscheiden können. Bailly, der sich durch seine schöne, obgleich etwas dichterische Geschichte der Astronomie ausgezeichnet hat, und dessen grausamer Tod zur Zeit der Schreckensregierung in Frankreich ein entsetzlicher Beweis der Unbeständigkeit der Volksgunst ist, war der erste, der die Theorie dieser vier Monde durch Hülfe der Analyse zu bearbeiten suchte. Da aber sein Versuch noch zu unvollkommen war, so machte die k. Akademie in Paris im Jahre 1766 diesen schwierigen Gegenstand zu einer Preisfrage, die Lagrange in ihrem ganzen Umfange in einer Abhandlung löste, welche eine der schönsten ist, die je über Einrichtungen des Weltsystems erschienen sind. Im Jahre 1788 nahm Laplace dieselbe Arbeit noch einmal vor, bereicherte sie mit mehreren interessanten Entdeckungen und legte dadurch den Grund zu den ersten genauen Tafeln dieser Satelliten, die Delambre berechnet hat. Diese Arbeiten lehrten nns auch die Massen jener Monde kennen, die in der bisher angenommenen Ordnung 17, 23, 88 und 42 Hunderttausendtheile der Masse Jupiters betragen. Verbindet man die Massen mit der bereits oben mitgetheilten Grösse dieser Monde, so findet man ihre Dichtigkeiten gleich 1, 1, 2 und 3 Zehntheile der Dichte der Erde, und den Fall der Körper auf ihren Oberflächen in der ersten Sekunde 9, 16, 22 und 15 Zehntheile eines Pariser Fusses.

§. 135. (Merkwürdige Verhältnisse ihrer Bewegungen.) Wir haben bereits oben (*I.* §. 175) die merkwürdigen Verhältnisse angegeben, welche zwischen den mittleren Längen sowohl, als auch zwischen den mittleren siderischen

Bewegungen der drei ersten dieser Satelliten statthaben. Eine Folge dieser Einrichtung ist, dass diese drei Satelliten nie zugleich verfinstert werden können. In der That, wenn der zweite und dritte dieser Monde in demselben Punkte des Himmels, von Jupiter aus gesehen, sich befinden, so muss, jenes Verhältnisses wegen, der erste Mond jenen beiden gegenüber stehen; wird also dieser erste verfinstert, so müssen die beiden andern zwischen Sonne und Jupiter liegen und daher ihren Schatten auf den Hauptplaneten werfen, und umgekehrt. Es können demnach alle vier Satelliten doch zugleich unsichtbar werden, und Jupiter ohne Mond erscheinen. Nach D'Arrest tritt diese Erscheinung beiläufig alle 25 Jahre ein. Dawes sah dieselbe am 27. September 1843; sie ereignet sich wieder am 15. November 1868 um 6 Uhr Morgens.

§. 136. (Anblick des Himmels von diesen Monden.) Ohne uns bei der Beschreibung des Anblicks aufzuhalten, welchen die vier Monde den Bewohnern Jupiters gewähren mögen, wollen wir nur mit einigen Worten des Genusses erwähnen, welchen Jupiter selbst den Bewohnern der Satelliten darbietet. Welch' ein Schauspiel mag es für die Bewohner des ersten Satelliten sein, eine unserm Monde ähnliche Scheibe, mit denselben regelmässig abwechselnden Lichtphasen, aber 1370mal grösser, als uns die Scheibe des Mondes zur Zeit des Volllichtes erscheint, immer unbeweglich an derselben Stelle des Himmels zu erblicken, während die Sonne selbst und alle andern Gestirne hinter ihr vorüberziehen, begleitet von andern ebenfalls sehr grossen lichten Himmelskörpern, welche die erste in künstlich verschlungenen Bahnen nach ewig unveränderlichen Gesetzen umwandeln! Die Bewohner der Mitte der, diesem Planeten zugewendeten Hälfte sehen die ungeheure Lichtscheibe immer in ihrem Zenithe und die des Randes immer in ihrem Horizonte. Eine Reise von 440 Meilen, zweimal so weit als von Wien nach Neapel, würde schon hinreichen, diese grosse Scheibe des Hauptplaneten aus dem Zenithe des Wanderers in seinen Horizont herabzuziehen. Mit welchen Gefühlen mögen die Bewohner des Randes der hinteren, von Jupiter stets abgewendeten Hälfte dieses Mondes, nach einem Wege von nur wenigen Meilen, diesen ungeheuren Himmelskörper erblicken, der ihnen in seiner Oberfläche 37000mal grösser, als die so weit entfernte Sonne erscheint, und der ein blendendes Licht verbreitet, das mit dem unseres Vollmondes nicht weiter verglichen werden kann!

§. 137. (Entdeckung dieser Monde.) Bemerken wir noch, dass die Entdeckung dieser vier Monde, durch Galilei im Jahr 1610, eine der ersten Früchte des nur kurz vorher erfundenen Fernrohrs, zugleich eine sehr merkwürdige Epoche in der Geschichte der Sternkunde begründet. Denn die erste astronomische Auflösung des grossen Problems der Bestimmung der Länge auf der See, einer der wichtigsten und nützlichsten Aufgabe, die der menschliche Geist sich je vorgelegt hat, verdanken wir der Kenntniss dieser Monde. Auch datirt man mit Recht die eigentliche, letzte Bestätigung der Wahrheit des Kopernicanischen Systems von der Entdeckung dieser vier Himmelskörper, die uns unser eigenes Sonnensystem gleichsam in einem Miniaturbilde zeigen, in welchem sich die drei Kepler'schen Gesetze (*I.* §. 143) und durch sie das Gesetz der allgemeinen Schwere abspiegeln, und in wenigen Monaten schon alle die periodischen Bewegungen zeigen, deren vollständige Entwicklung bei den Hauptplaneten viele Jahrhunderte erfordert. Und als ob die Natur mit

einer Art von Vorliebe diese kleinen Lichtpunkte begünstigen und auf sie die interessantesten Züge der Geschichte der Sternkunde häufen wollte, so verdanken wir ihnen auch die Kenntniss der ausserordentlichen Geschwindigkeit (*I.* §. 74) des Lichtes.

Man hat oft darüber gestritten, ob man die Satelliten Jupiters mit freiem Auge ausnehmen könne. Neuere Versuche von Arago mit Fernröhren ohne Vergrösserung, die also nur ein vollkommenes Auge repräsentirten, ohne eigentlich dessen Kraft zu vermehren, haben gezeigt, dass ein solches Wahrnehmen der Jupitersmonde mit freiem Auge nicht unmöglich ist.

Herr Stoddart hat neuester Zeit unter Persiens seiner Reinheit wegen berühmtem Himmel im Zwielichte die Jupiter-Satelliten mit freiem Auge erkannt; die Sichtbarkeit derselben auf diese Weise dauerte aber immer nur die wenigen Minuten, wo jene kleinen Gestirne bereits licht genug und der Hauptplanet noch nicht zu glänzend war, um durch seine Strahlen die Trabanten zu decken.

§. 138. (Satelliten des Saturn, Uranus und Neptun.) Viel weniger, als die Satelliten des Jupiter, sind uns die des Saturn, von denen schon Cysat zwei gekannt haben soll, und noch beinahe gar nicht näher die des Uranus und Neptun bekannt. Die vorzüglichsten Elemente der acht Monde Saturns wurden schon oben (*I.* §. 178) mitgetheilt. Wenn man ihre Umlaufszeiten mit ihren mittleren Enfernungen vergleicht, so sieht man, dass auch sie, so wie die Monde Jupiters, dem dritten Gesetze Kepler's (*I.* §. 143) gehorchen, so wie man durch lichtstarke Fernröhre, wenigstens an einigen derselben, auch schon die Gleichheit ihrer Revolution mit der Umdrehung um ihre Axe beobachtet haben will, eine Uebereinstimmung, die man bereits an so vielen Satelliten gefunden hat, dass man nicht weiter anstehen kann, sie als eine allen diesen Monden allgemein zukommende Eigenschaft zu betrachten.

Der achte dieser Monde hat allein eine etwas beträchtliche Neigung gegen die Ebene des Ringes, mit welcher die Bahnen der übrigen nahe zusammenfallen. Dieser Mond ist zugleich einer derjenigen, die man noch am besten durch Fernröhre sehen kann. Auch der sechste bietet in dieser Beziehung keine besonderen Schwierigkeiten dar; die drei nächstfolgenden sind schon sehr schwach und erfordern sehr lichtstarke Fernröhre, um gesehen zu werden: während die zwei innersten, die beinahe den äussersten Rand des Ringes streifen, nur mit unsern vorzüglichsten Fernröhren, und auch da nur unter den günstigsten Verhältnissen sichtbar werden. Zu der Zeit, wo der Ring dieses Planeten für gewöhnliche gute Fernröhre verschwindet, bemerkte sie der ältere Herschel im Jahr 1789, mit einem Reflector von vier Fuss Oeffnung, gleich zwei äusserst kleinen Perlen, die eine feine Silberschnur, wie ihm der Ring erschien, zu beiden Seiten begrenzten und bald darauf hastig wieder zu dieser Schnur zurück zu eilen schienen, um sich, auf ihre gewohnte Weise, wieder hinter derselben zu verbergen. In neuerer Zeit (Ende 1852) hat Lassell durch seinen grossen Reflector auf Malta alle acht Satelliten wiederholt gesehen. Uebrigens ist die grosse Neigung der Bahnen dieser Satelliten gegen die Ekliptik Saturns — sie beträgt über 27 Grade — die Ursache, warum sie so äusserst selten von ihrem Hauptplaneten verfinstert werden, während im Gegentheile die vier, oder

wenigstens die drei nächsten Monde Jupiters bei jedem Volllichte derselben durch den Schatten ihres Centralkörpers gehen.

Von den Satelliten des Uranus und Neptun ist bereits das Wenige, was uns die Beobachtungen bekannt gegeben haben, oben (*I.* §. 179 und 180) mitgetheilt worden, daher wir hier derselben nicht weiter erwähnen.

§. 139. (Uebersicht des ganzen Planetensystems.) Zum bequemeren Ueberblicke der Verhältnisse, Grösse, Entfernungen u. f. der einzelnen Körper unseres Sonnensystems haben wir die vorzüglichsten Elemente derselben am Ende des Werkes in Tabellen zusammengestellt, auf die wir uns schon wiederholt beriefen.

Die Zahlen dieser Tabellen sind mehr als hinreichend, um uns von der Ausdehnung und den Verhältnissen der Planeten- und Satellitenbahnen eine vollständige Kenntniss zu geben. Nach ihnen sind, diese Gegenstände noch anschaulicher darzustellen, die folgenden Zeichnungen entworfen worden, in welchen man die Verhältnisse gleichsam mit einem Blick übersehen kann.

Auf Taf. IX. sind die Bahnen der Planeten sammt den merkwürdigsten Kometenbahnen, mit denen wir uns im nächsten Kapitel beschäftigen werden, in ihren gehörigen Verhältnissen zu einander dargestellt, mit Ausnahme der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter. Die grosse Anzahl dieser auf einen verhältnissmässig sehr engen Raum zusammengedrängten Körper machte die Darstellung ihrer Bahnen in den Dimensionen der Figur unmöglich. Indessen ist der ganze Raum, innerhalb dessen diese Bahnen liegen, schattirt, und hebt sich in der Zeichnung als ein dunkler Ring hervor, was wohl für eine allgemeine Uebersicht genügt. Die drei innersten, ganz ausgezogenen Kreise sind die Bahnen von Merkur, Venus und Erde; die übrigen Bahnen wurden durch unmittelbare Bezeichnung kenntlich gemacht. Der äussere, das Ganze umfassende Kreis, in dessen Mittelpunkte die Sonne ist, kann als Ekliptik, die hier mit der Ebene des Papiers zusammenfällt, betrachtet werden. Die Peripherie dieses Kreises kann man sich in 360 gleiche Theile oder Gráde getheilt vorstellen, so dass bei ♈ die Zahl 0⁰, bei ♋ die Zahl 90⁰, bei ♎ die Zahl 180⁰ und endlich bei ♑ die Zahl 270⁰ zu stehen kommt, wo dann diese Grade die heliocentrischen oder von der Sonne gesehenen Längen andeuten. Die aufsteigenden Knoten der Bahnen sind durch ☊ und ihnen gegenüber die niedersteigenden durch ☋ angezeigt. Derjenige Theil der Bahn, der über der Ekliptik oder auf der Nordseite derselben liegt, ist ganz ausgezogen, die andere, unter der Ekliptik liegende Hälfte der Bahn aber ist von Mars an durch unterbrochene Linien angezeigt worden, während die Bahnen der Kometen ganz punktirt sind. Die Pfeile deuten die Richtung der Bewegung an, die bei allen direct ist, oder von West nach Ost geht, bloss den Halley'schen Kometen ausgenommen, der retrograd ist, oder von Ost gen West geht. Wenn man in die Bahnen auch noch die Orte der Perihelien und Aphelien derselben eintragen will, so kann man diess nach den Tabellen am Ende des Werkes thun. So ist z. B. für die Uranusbahn die Länge des Perihels im 167sten Grade mit *P*, und ihr gegenüber die Länge des Apheliums im 347sten Grade mit *A* bezeichnet worden. Zieht man dann durch beide Punkte *A* und *P* eine gerade Linie, so drückt diese durch die Sonne gehende Gerade die grosse Axe der Planetenbahn aus. Halbirt

man dieselbe Gerade, so drückt die Distanz des Halbirungspunktes von der Sonne die Excentricität der Planetenbahnen, in Halbmessern der Erdbahn gerechnet, aus. Uebrigens sind alle diese Planeten und Kometenbahnen so vorgestellt, wie sie sich einem Auge hoch über der Sonne zeigen, welches diese Bahnen auf die Ebene der Ekliptik projicirt sieht, wodurch manche Bahnen, wie die des Kometen de Vico 1846, wegen ihrer starken Neigung gegen die Ekliptik weit schmaler erscheinen, als sie in der That sind.

Fig. 73.

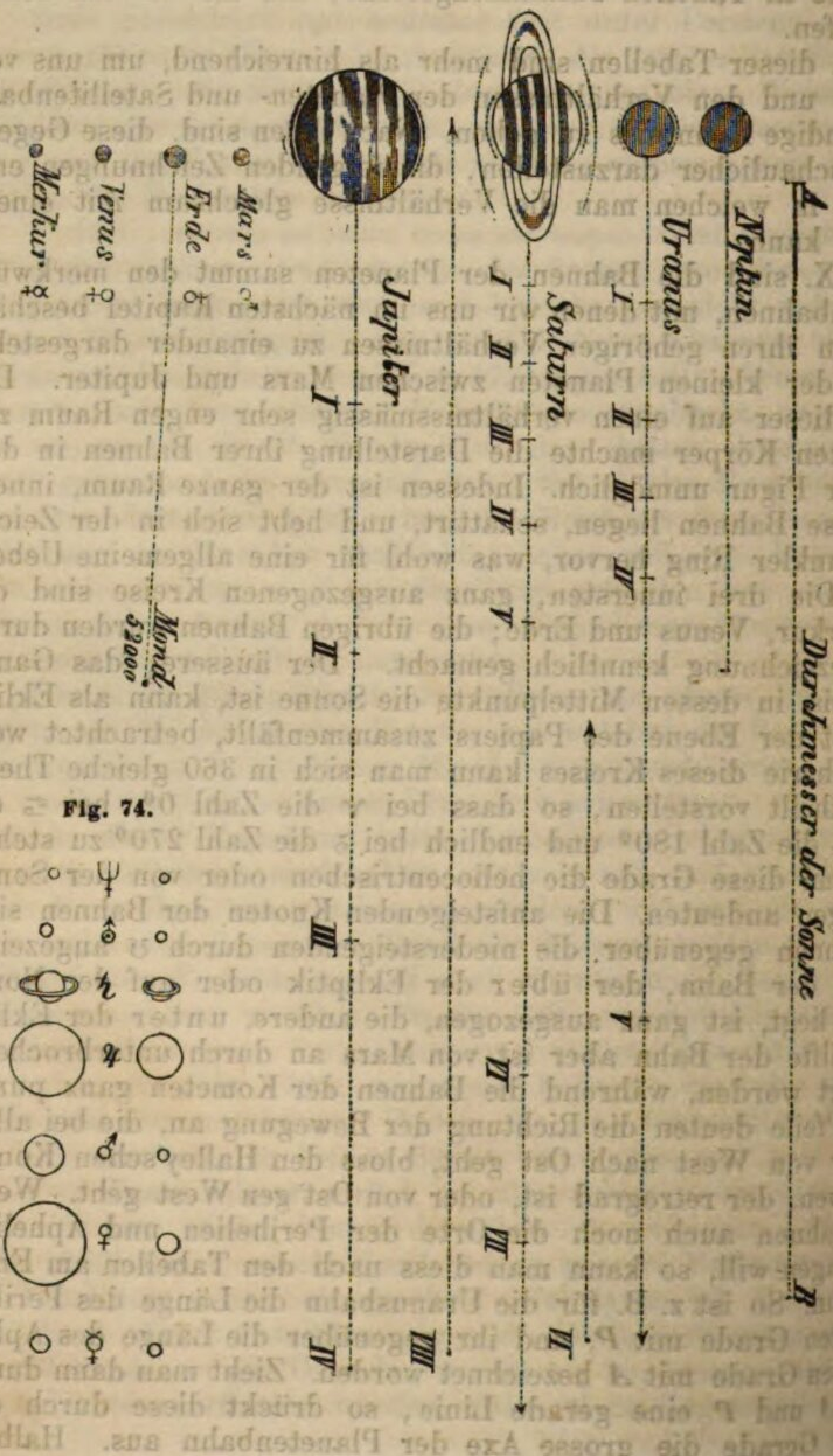


Fig. 75.

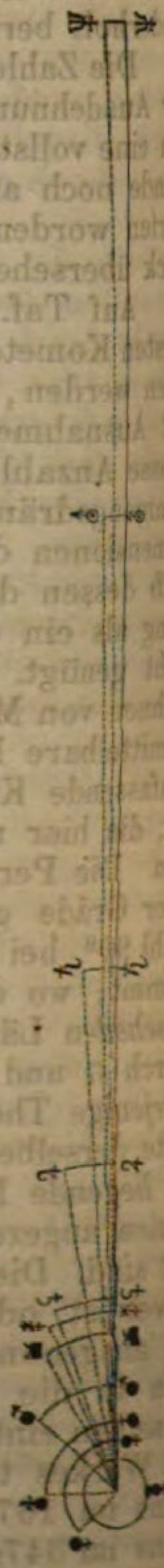


Fig. 74.

Die Zeichnung Fig. 73 enthält die vorzüglichsten Planeten in ihrer verhältnissmässigen Grösse und mit ihren Monden in denjenigen Entfernungen dargestellt, die in der Natur selbst statthaben; für die äussersten Monde von Saturn und Uranus mussten die Linien ihrer Länge wegen gebrochen werden. Die letztlich entdeckten zwei Satelliten des Uranus sind dabei ausser Acht gelassen (*I.* Abth. §. 179). Die beiden punktirten Bogen an den Polen von Jupiter, Saturn und Uranus zeigen die Grösse der Abplattung, und die zwei grösseren Bogen bei Saturn zeigen die äusserste oder am meisten geöffnete Lage des Ringes, welche derselbe, von der Erde gesehen, noch annehmen kann.

Die Zeichnung Fig. 74 gibt die scheinbaren Durchmesser der Planeten oder die Winkel, unter welchen uns die wahren Durchmesser derselben erscheinen und zwar die grössten, wenn sie uns am nächsten stehen, und die kleinsten, wenn diese Planeten am weitesten von uns entfernt sind. Für beide Zeichnungen stellt die obere gerade Linie *AB* der Fig. 73 den wahren sowohl, als auch den scheinbaren Sonnendurchmesser dar. Nämlich wenn diese Linie *AB* für den wahren Durchmesser der Sonne gilt, so werden die wahren Durchmesser der Planeten, des Saturnringes und der Distanzen der Satelliten von den Mittelpunkten ihrer Hauptplaneten in demselben Verhältnisse durch die Zeichnungen der Fig. 73 dargestellt. Bezeichnet aber dieselbe gerade Linie *AB* den scheinbaren Durchmesser der Sonne (der im Mittel 32 Minuten oder 1920 Sekunden beträgt), so geben die Durchmesser der in Fig. 74 verzeichneten Kreise in demselben Verhältnisse auch die scheinbaren grössten und kleinsten Durchmesser der Planeten, so wie sie von der Erde gesehen werden.

Die Zeichnung Fig. 75 zeigt die relativen Geschwindigkeiten oder die Winkelbewegungen der Planeten um die Sonne während der Zeit von 88 Tagen, in welcher Merkur seine ganze Bahn um die Sonne zurücklegt.

Kapitel XIII.

Kometen.

§. 140. (Anzahl der Kometen.) Nebst den Planeten und ihren Satelliten, die wir bisher betrachtet haben, gibt es noch eine grosse Anzahl anderer Himmelskörper, die ebenfalls zu unserem Sonnensysteme gehören, da sie sich, wie die Planeten, um die Sonne bewegen, die sich aber von den Planeten schon auf den ersten Blick durch ihre Gestalt unterscheiden. Die Kometen waren lange Zeit der Gegenstand der Besorgniss der Menschen, da sie dieselben für ausserordentliche Vorzeichen von dem Zorne des Himmels hielten. Nachdem wir ihren regelmässigen Lauf um die Sonne erkannt hatten, hörten wir auf, sie zu fürchten, ohne jedoch ihre eigentliche Natur bisher zu ergründen.

Unsere Geschichtbücher erwähnen nahe fünfhundert Kometen, die sich der Erde gezeigt haben sollen. Allein diese Zahl ist offenbar viel zu klein. In den früberen Zeiten, wo man noch keine Fernröhre hatte, wurden nur diejenigen Kometen bemerkt, die man mit freien Augen sehen konnte, und auch von diesen wurden nur die grösseren der Verzeichnung in den Chroniken würdig gehalten. Es gibt sehr viele, die so klein und lichtschwach sind, dass sie dem unbewaffneten Auge gänzlich entgehen. Seit den Jahren 1769 bis 1807, also in 37 Jahren, erschien auch nicht ein ein einziger, dem gemeinen Mann auffallender Komet, und doch haben die Astronomen in derselben Zeit mit ihren Fernröhren nicht weniger als 36 nicht bloss gesehen, sondern auch förmlich beobachtet. Seit einigen Decennien, besonders seit sich die berühmten Kometenjäger Messier und Pons mit diesem Gegenstande so eifrig beschäftigten, hat sich der Fleiss und das Glück, diese Himmelskörper aufzuspüren, so sehr vermehrt, dass man jetzt beinahe in jedem Jahre mehrere neue Kometen findet. Wenn unsere Vorgänger eben so begünstigt gewesen wären, wie viele Kometen würden wir jetzt schon kennen gelernt haben in den sechstausend Jahren, seit welchen, wie wenigstens die Juden zählen, unsere Erde entstanden sein soll? Auf jedes Jahr zwei gerechnet, würden wir schon 12000 derselben in unseren Verzeichnissen haben, und diese würden noch keineswegs alle sein, welche in dieser Zeit der Erde in der That nahe kamen. Denn viele dieser Körper haben zu der Zeit, wo sie in die Nähe der Erde hinabsteigen, eine zu südliche Lage, und halten sich daher nur unter den Fixsternen des südlichen Himmels, in der Nähe des Südpols unseres Aequators auf, welche Gegend von den Bewohnern Europa's nicht gesehen werden kann, weil sie ihnen von der Erde selbst verdeckt wird (*I.* §. 8). Die Leute im Staatenlande oder die Wilden in Neuholland haben sie vielleicht gesehen, aber von diesen Erscheinungen ist keine Nachricht zu uns gekommen, da man in jenen Ländern weder Geschichte zu schreiben, noch Kometen zu beobachten pflegt. Wieder andere hielten sich, wenn sie der Erde nahe kamen, nur unter denjenigen Sternbildern auf, in deren Nähe sich zugleich die Sonne bewegte: sie waren also nur bei Tage über dem Horizonte und konnten aus dieser Ursache wieder nicht gesehen werden. Viele andere endlich mochten nur zur Zeit trüber Witterung, bei bedecktem Himmel erscheinen und mussten desswegen ebenfalls unbemerkt bleiben. Immerhin sieht man schon aus diesen allgemeinen Andeutungen, dass die Zahl dieser Himmelskörper die oben erwähnte gewiss weit übersteigt.

Wir haben bereits öfter bemerkt, dass die Bahnen der Planeten, wenigstens die der älteren, durchaus eine sehr kleine Neigung gegen die Ekliptik haben, und dass sie sich alle nur nach einer Richtung, von West gegen Ost, bewegen. Beides ist bei den Kometen nicht der Fall. Diese bewegen sich in allen möglichen Richtungen um die Sonne, und die Neigungen ihrer Bahnen umfassen alle Winkel von Null bis zu 180 Graden. Wenn also die Perihelien der Planeten und überhaupt ihre ganzen Bahnen sämmtlich sehr nahe in einer einzigen Ebene liegen, so sind dafür die Perihelien der Kometenbahnen rings um die Sonne nach allen Richtungen, nicht mehr in einer Ebene, sondern gleichsam in einem kugelförmigen Raume vertheilt. Da diese Himmelskörper, wie wir bald sehen werden, sehr langgestreckte elliptische Bahnen beschreiben, auf welchen sie sich, in ihren Aphelien, sehr weit von der Sonne entfernen,

so kann man sie im Allgemeinen nur dann gut sehen, wenn sie in der Nähe ihrer Perihelien sind, oder wenn sie nahe zur Sonne, also auch näher zur Erde kommen, weil diese, in Beziehung auf jene grossen Kometenbahnen, nie weit von der Sonne entfernt ist.

Nun findet man aber, dass von den z. B. bis 1850 beobachteten Kometen 20 ihre Perihelien innerhalb der Merkursbahn, und schon nahe 70 innerhalb der viel grösseren Venusbahn liegen haben. Diese beiden Zahlen verhalten sich nahe wie die Quadrate der Halbmesser dieser beiden Planetenbahnen. Denn, wenn man den Halbmesser der Merkursbahn für die Einheit annimmt, so ist (*I.* Abth. §. 139) der Halbmesser der Venusbahn gleich 1.87 und das Quadrat derselben $3\frac{1}{2}$, und eben so ist auch 70 durch 20 dividirt gleich $3\frac{1}{2}$. Setzt man dieses Verhältniss der Quadrate der Halbmesser, für dessen Wahrscheinlichkeit man auch noch andere gute, geometrische Gründe hat, auf die übrigen Planetenbahnen fort, so würde daraus folgen, dass die Anzahl der Perihelien, die zwischen die Bahn der Venus und die des Neptun fallen, sich wie die Quadrate von 1 und 42, das heisst, wie die Zahlen 1 und 1764 verhalten. Da es nun, nach dem Vorhergehenden, 70 Kometenbahnen gibt, deren Perihelien innerhalb die Venusbahn fallen, so würde es 70mal 1764 oder über 123000 Kometenbahnen geben, deren Perihelien noch innerhalb der Neptunbahn liegen. Diese Zahl aber, so gross sie auch erscheinen mag, ist doch gewiss immer noch zu klein, weil wir von den in die Venusbahn fallenden Kometen nur die bisher in der That gesehenen 70 unserer Rechnung zu Grunde gelegt haben, da es doch gewiss noch viele geben wird, die wir, aus den oben angeführten Gründen, nicht gesehen haben.

Welch' ein Heer von neuen Himmelskörpern, gegen das jenes kleine Häufchen von Planeten und Monden ganz verschwindet! Wohl wird man also künftig sagen können, dass nicht diese Planeten es sind, die man als die Bewohner des Haushalts unserer Sonne ansehen kann, sondern dass die Kometen das eigentliche Volk dieses grossen Staates bilden.

§. 141. (Gestalt der Kometen.) Es ist bereits im Eingange dieses Kapitels gesagt worden, dass die äussere Form der Kometen Jedermann bei dem ersten Blicke auffällt. Bei einer näheren Betrachtung derselben bemerkt man an ihnen vorzüglich drei, wie es scheint, wesentlich verschiedene Theile: den Kern, die Nebelhülle und den sogenannten Schweif.

Der Kern ist gewöhnlich klein, rund und durch ein helleres Licht ausgezeichnet, obschon die Intensität dieses Lichtes jener der Planeten meistens weit nachsteht. Viele Kometen haben übrigens auch keine Spur von einem solchen Kern, und diese scheinen daher blosse Anhäufungen von Dünsten zu sein. Gewöhnlich aber sind sie schlecht beleuchtet und noch schlechter begrenzt, daher auch die Beobachter über die Grösse derselben so verschiedene Resultate erhalten. Hier folgen einige solche Messungen des Durchmessers dieser Kerne in deutschen Meilen, wie sie uns Herschel d. ä. gegeben hat:

Komet des Jahres	1798	5
„ „ „	1805	6
„ „ „	1807	110
„ „ „	1811	550

Die Nebelhülle scheint der eigentlich charakteristische Theil der Kometen zu sein, da man wohl schon viele ohne Kern und Schweif, aber noch keinen ohne diese Dunsthülle gesehen hat. Sie umgibt den Kern meistens in einer kugelförmigen, auf einer Seite, gewöhnlich auf der Seite des Schweifes verlängerten oder geöffneten Gestalt, so dass dann der Schweif, als die Fortsetzung jener Dunsthülle erscheint. Sie ist meistens so locker und fein, dass sie nur unseren dünnen Nebeln zu vergleichen sein mag, und dass man die Sterne mit beinahe ungeschwächtem Lichte durch sie blinken sieht. Gewöhnlich umgibt sie den Kern nicht zunächst, sondern erst in einiger Entfernung, und so, dass der Kern an seiner nächsten Grenze von einer dunklern Einfassung und erst in einer grössern Entfernung von jener lichtern Dunsthülle umschlossen erscheint. Bei mehreren Kometen hat man auch zwei und selbst drei solcher helleren Ringe gesehen, die durch dunklere von einander getrennt waren. Das Ganze hat das Aussehen, als wenn der eigentliche Körper, der Kern des Kometen, von mehreren concentrischen, von einander getrennten, hellen Wolkenschichten umgeben wäre. Man hat öfter schon grosse Aenderungen in diesen Nebelhüllen bemerkt. So sah zuerst Schröter die Hülle der Kometen von 1799 und von 1807 in dem Laufe eines Tages bis auf den vierten Theil ihres Durchmessers sich erweitern und wieder zusammenziehen, eine Erscheinung, die in der neuesten, an grösseren Kometen reicheren Zeit häufig beobachtet wurde.

Der Schweif ist, wie gesagt, als die Fortsetzung jener Dunsthülle zu betrachten, welche letztere dort, wo sie geöffnet erscheint, in den eigentlichen Schweif ausläuft. Schon Apian (Bienewitz) stellte im Jahr 1531 die Behauptung auf, dass dieser Schweif immer in der Verlängerung derjenigen geraden Linie liege, welche die Sonne mit dem Kometen verbindet. Nach E. Biot sollen die Chinesen schon viel früher diese Eigenschaft der Kometenschweife gekannt haben. Aber davon ist eigentlich nur wahr, dass der Schweif meistens auf der von der Sonne abgewendeten Seite des Kometen steht. Denn oft ist er gegen jene Linie sehr stark, bis zu einem rechten Winkel geneigt und zwar dann immer nach derjenigen Gegend hin, welche der Komet in seinem Laufe so eben verlassen hat. Da diese Neigung des Schweifes gegen das Ende desselben zuzunehmen pflegt, so erscheint er uns meistens gekrümmt und zwar so, dass seine concave Seite nach derjenigen Gegend hin gerichtet ist, von welcher der Komet eben kommt, so wie auch diese concave oder innere Seite des Schweifes meist weniger hell und scharf begrenzt erscheint, als die äussere, convexe Seite desselben.

§. 142. (Grösse der Schweife der Kometen.) Man hat bereits Kometen beobachtet, die zwei, drei und selbst mehrere Schweife hatten, die meistens alle nach derselben Gegend hin gerichtet sind. Der sonderbare Komet vom Jahre 1823 hatte zwei Schweife, die einander gegenüber standen, so dass der eine derselben der Sonne zugekehrt und der andere von ihr abgewendet war; eine höchst auffallende Erscheinung, welche die bis dahin mit viel sogenannter Gelehrsamkeit entwickelten Theorien über die Entstehung dieser Schweife keineswegs bestätigte. Der Komet vom Jahre 1744 hatte sogar sechs Schweife, oder sein Schweif erschien wenigstens in sechs Theile gespalten, deren jeder 4 Grade breit und 30 bis 40 Grade lang war. Wunderbarer noch sind die äusserst heftigen

Bewegungen, die man oft bemerkt, z. B. Chladni bei dem grossen Kometen von 1811, der sehr schnelle, gleichsam zuckende Verlängerungen und Verkürzungen seines Schweifes zeigte, mit welchen die leuchtende Masse in einer einzigen Sekunde den Weg von einer Million Meilen hin- und wieder zurückschoss, eine Geschwindigkeit, die selbst jene des Lichtes weit übertreffen würde. Vielleicht liegt aber der Grund dieser heftigen Bewegungen nur in Strömungen der höheren Schichten unserer Atmosphäre.

Auf welche Weise und durch welche Mittel diese Schweife auch entstehen mögen, immer wird man die Ursache derselben in der Sonne suchen müssen. Denn sie fangen immer erst dann an, sich zu bilden, wenn der Komet der Sonne näher kommt; sie wachsen mit dieser Annäherung und nehmen auch, mit der Entfernung des Kometen von der Sonne, allmählich wieder ab. Es ist möglich und selbst nicht unwahrscheinlich, dass viele dieser Himmelskörper, die in der Nähe der Sonne durch die Hitze derselben in eine dünne Masse aufgelöst werden, in grossen Entfernungen von ihr, durch die dort herrschende Kälte, wieder zu sehr kleinen und festen Körpern concentrirt werden.

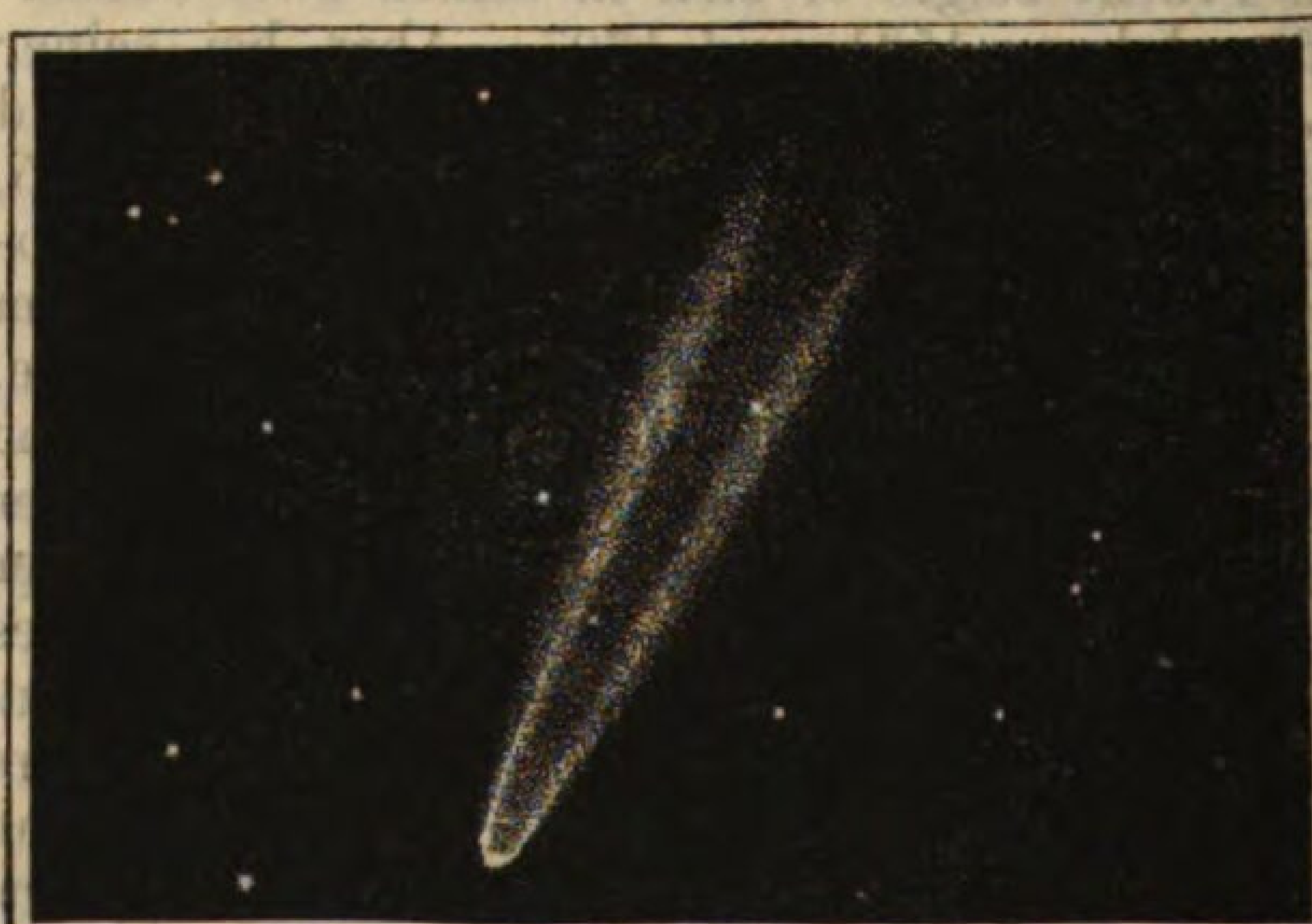
Diese Schweife der Kometen sind oft sehr lang und verbreiten sich über einen grossen Theil des Himmels. Der Komet von 1456 hatte einen Schweif, der sich über 60 Grade erstreckte, also den dritten Theil des uns sichtbaren Bogens des Himmels einnahm. Zu Kepler's Zeiten, im Jahr 1618, im ersten Jahre des dreissigjährigen Krieges, erschien ein Komet, dessen Schweif eine Länge von mehr als 100 Graden hatte, während der vom Jahre 1769 einen über 90 Grade langen Schweif zeigte. Auch aus den letzten Decennien können wir mehrere glänzende Kometen mit grossen Schweifen verzeichnen, unter andern die der Jahre 1843, 1858 und 1861, bei denen die Länge des Schweifes zur Zeit der grössten Entwickelung beziehungsweise 68, 60 und 120 Grade betrug.

Die Grösse und Gestalt dieser Schweife ist übrigens, auch bei demselben Kometen in verschiedenen Erscheinungen, öfters verschieden. Der Halley'sche Komet, von dem wir später mehr sprechen werden, erschien im Jahr 1456, wo er der Erde näher vorbeiging, sehr gross und hell erleuchtet, *cometa horrendae magnitudinis*, wie der Chronist jener Zeit ihn beschrieb. Sein Schweif hatte eine Länge von 60 Graden. In einer nicht viel geringeren Pracht zeigte er sich in seinen zwei nächstfolgenden Besuchen, in den Jahren 1531 und 1607. Aber bei seiner dritten Wiederkunft, im Jahr 1682, erschien er schon schwächer und kleiner, und seine beiden letzten Erscheinungen, v. J. 1759 und 1835, waren noch weniger ausgezeichnet. — Ueberhaupt erscheinen die Kometen und ihre Schweife immer am grössten, einige Zeit nach dem Durchgange durch ihr Perihelium, zum Beweise, dass die grosse Hitze, welche sie in dieser Nähe der Sonne erleiden, die eigentliche Ursache ihrer Entwicklung und Ausdehnung ist. Vielleicht würde es unserer Erde, wenn sie sich der Sonne so sehr nähern könnte, nicht besser gehen; sie würde wahrscheinlich auch glühend werden und wie erhitztes Metall in Fluss gerathen, das Wasser der Flüsse und Meere würde zu kochen anfangen und sich in Dunstgestalt erheben; unsere Atmosphäre würde sich auf eine grosse Höhe über die Erde erstrecken, und wenn sie, wegen des Widerstandes des Aethers oder aus irgend einer andern Ursache, derselben auf ihrem schnellen Laufe um die Sonne nicht so

geschwind folgen könnte, ebenfalls die Gestalt eines Schweifes annehmen — eine übrigens nur äusserliche Analogie.

Die meisten grösseren Kometenschweife erscheinen in ihrer Mitte, der Länge nach, durch einen dunklern, breiten Streifen getheilt, wodurch sie das Ansehen erhalten, als ob sie doppelt wären. Die älteren Astronomen hielten diesen dunklen Streifen für den Schatten, welchen der auf seiner vordern Seite von der Sonne beschienene Kern hinter sich wirft. Allein diese Meinung ist unrichtig, da man diese Streifen auch bei jenen Kometen bemerkt, deren Schweife sehr grosse Winkel mit derjenigen Linie bilden, die den Kometen mit der Sonne verbindet, auf welcher letzten Linie doch jener Schatten immer liegen müsste. Viel angemessener scheint die Vorstellung zu sein, dass der Schweif des Kometen nicht, wie man gewöhnlich glaubt, eine ruthenartige Fortsetzung seines Hauptkörpers, sondern dass er ein hohler, mit einem eigenen schwachen Lichte versehener, durchsichtiger Dunstkegel ist, der uns dann natürlich an seinen beiden Rändern viel heller, als in seiner Mitte, erscheinen muss. So sah man den schönen Kometen von 1811 durch gute Fernröhre mit seinem hellen Kopfe ganz auf die Art, wie man etwa ein kugelförmiges Licht in dem Brennpunkte einer durchsichtigen, parabolischen Glasglocke sehen würde. Der eigentliche Kopf desselben hatte eine schwache, grünblaue Farbe, die in ihrer Mitte in's Röthliche überging. Der Halbmesser dieses kugelförmigen Kopfes, in dessen Mitte ein auffallend heller Punkt, der eigentliche Kern, sich befand, hatte, nach Herschel's d. ä. Messungen, 14000 deutsche Meilen. Diesen Kopf umgab ein Ring von dunkelgrauer Farbe, dessen äusserer Kreis einen Halbmesser von 55000 Meilen hatte und dessen Breite daher 41000 Meilen betrug. Durch diesen dunklen Ring sah man die kleinsten Sterne mit ganz ungeschwächtem Lichte durchschimmern. Diese dunkle Kugelschichte war wieder von einer helleren umgeben, deren Breite 15000 Meilen betrug, und die sich daher bis 70000 Meilen von dem Mittelpunkte des Kopfes erstreckte. Diese letzte Kugelschichte war aber auf der von der Sonne abgewendeten Seite offen und lief hier, an den beiden Enden der Oeffnung, in zwei Lichtströme aus, die sich auf viele Millionen Meilen erstreckten und dem Ganzen das Ansehen eines ungeheuern, parabolischen Trichters gaben, dessen gelbliches Licht einen auffallenden Contrast mit der grünblauen Farbe des Kopfes bildete. In Fig. 76 ist der Komet des Jahres 1819 abgebildet, keiner von den grössten, aber immerhin einer der augenfälligsten, welche in den letzten Jahrzehenden erschienen.

Fig. 76.



Dieser Zeichnung fol-

gen zu einer ersten Uebersicht drei andere von dem grossen Kometen des Jahres 1811 und eine von Encke's Kometen. Der Komet von 1811 zeigte noch nach der Mitte Augusts keinen Kern und erschien nur als eine gedrängte Nebelmasse. Am 10. September, wo er seinem Perihel schon nahe war, hatte er die in der Zeichnung Fig. 77 gegebene Gestalt, wo der nahe 10 Grade lange Schweif in zwei durch einen dunklen Raum *bcd* getrennte Aeste gespalten war. Dieser dunkle Raum umgab auch den Kopf des Kometen in der Gestalt eines Ringes *aa*, so dass die eigentliche Hülle dieses Kometen den Kopf desselben nicht berührte und von ihm ganz getrennt erschien. Auch an diesem Tage, wo er zwischen ψ und ω im Hinterfusse des grossen Bären stand, zeigte der Komet noch keinen eigentlichen Kern, sondern nur eine etwas lichtere, runde, schlecht begrenzte Scheibe zwischen α und *a*. In der zweiten Zeichnung (Fig. 78) ist er für den 15. October dargestellt, wo er nördlich am Kopfe des Bootes stand und in seinem grössten Glanze war. Die Länge seines Schweifes mass nahe 25 Grade. Die Breite des dunklen Ringes *aa* um den Kopf betrug nahe fünf Raumminuten, und man sah mehrere Sterne der 10ten bis 11ten Grösse durch diesen Ring ungeschwächt durchschimmern. Der Komet stand jetzt nahe in seiner Erdnähe und war von der Erde 1.23 Halbmesser der Erdbahn entfernt. Die Zeichnung Fig. 79 gibt die Gestalt und Dimensionen dieses Kometen, wie sie Olbers am 7. September bestimmt hat. Die Scheibe oder der Kopf *C* war rund, schlecht begrenzt und hatte 2 Min. Durchmesser. Der dunkle Raum *fbadg* um jenen Kopf wurde von einem hellen, breiten Bogen *FBADG* begrenzt. Beider Grenzen waren nahe parabolisch.

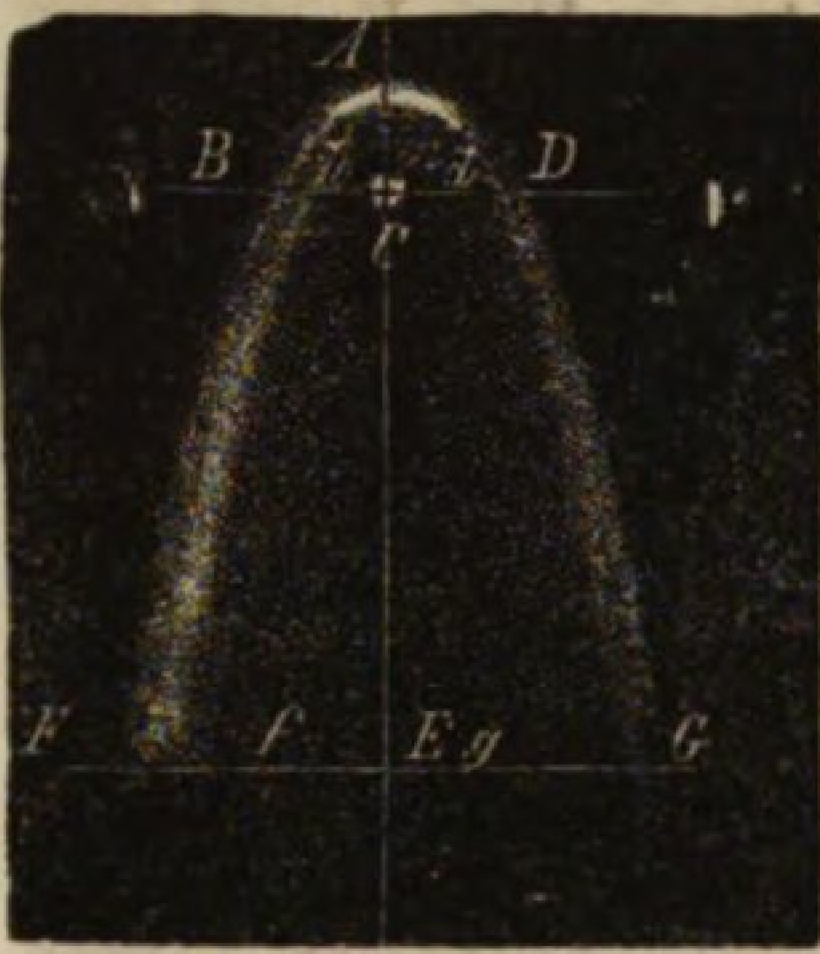
Fig. 77.



Fig. 78.



Fig. 79.



Die Messung gab $CA = 6.9$ Min., $BD = 23.3'$, und wenn man auf der Axe ACE des Kometen die Linie $CE = 35.3'$ nahm, so war $FG = 55.0'$. Der innere dunkle Raum $fbadg$ war immer noch merklich von der dunklen Bläue des Himmels ausserhalb des Reifens $FBADG$ verschieden. Der Punkt C war nahe der Brennpunkt der Parabel $FBADG$. Demnach war der Kern C gleichsam in einem ihn frei umgebenden parabolischen Conoid eingeschlossen. Olbers folgerte daraus, dass die von dem Kometen und seiner Atmosphäre entwickelten Lichtmassen, sowohl von dem Kometen, als auch von der Sonne abgestossen werden, und dass sie sich demnach dort anhäufen, wo beide Abstossungen sich das Gleichgewicht halten. Selbst durch die hellen parabolischen Reifen liessen sich noch Sterne der 8ten und 9ten Grösse gut erkennen, obschon ihr Licht, wohl nur durch die helle Umgebung, merklich geschwächt erschien. Die Länge des Schweifes betrug am 15. October 12 Millionen deutsche Meilen.

Die Zeichnung Fig. 80 zeigt den Encke'schen Kometen, wie er am 30. November 1828 erschien. Der Unterschied der Gestalt mit dem von 1811 ist auffallend. Der gegenwärtige hatte die Form einer Kugel. Der hellste Theil k war weit von dem Mittelpunkte K der Nebelkugel entfernt und auch nicht im Mittelpunkte der ihn umgebenden helleren Kugel $\alpha\beta\gamma\delta$. Die Linie fg deutet die Richtung von dem Kern k zur Sonne an. Der Durchmesser cd des ganzen Nebels betrug nahe 9 Min., der Durchmesser $\alpha\gamma$ der helleren Kugel hatte 4 Min. Die Begrenzung cad war parabolisch und dieser ganze Theil cda viel heller als der übrige cdb, der mehr kreisförmig und schlecht begrenzt war.

Fig. 80.



§. 143. (Sehr grosse Kometen.) Die meisten derjenigen Kometen, die wir in den letzten Decennien gesehen haben, waren sogenannte telescopische Kometen, so klein und schwach beleuchtet, dass man sie nur durch Fernröhre und auch da oft schlecht genug erkennen konnte. Die grössten, die uns seit lange besucht haben, waren die von den Jahren 1807, 1811, 1835, 1843, 1858 und 1861, obschon auch diese nicht zu den glänzendsten gezählt werden können, die man in früheren Zeiten gesehen hat. Wir wollen nur einige der letzteren näher anführen:

Die chinesischen Annalen erzählen, wie uns Thevenot in seiner *Hist. sinica* berichtet, von einem Kometen, der bei Nacht alle Sterne durch seinen Glanz unsichtbar gemacht und die Nacht selbst in einen hellen Tag verwandelt haben soll. Nach dem Tode des Demetrius, sagt Seneca *(nat. quaest. L. VII.)*, erschien ein Komet so gross wie der Mond, ganz roth und von sehr hellem Lichte. Aristoteles schreibt von dem Kometen, der im Jahr 371 vor Chr. Geb. erschien, dass sein

heller und breiter Schweif den dritten Theil des sichtbaren Himmels eingenommen habe. Im Jahre 43 vor Chr. G., bald nach Cäsar's Tod, erschien ein Komet, der so hell war, dass man ihn selbst am Mittag noch gut sehen konnte. Die Römer glaubten, dass er gekommen sei, den Geist des grossen Dictators zu empfangen, um ihn dem Sitze der Götter zuzuführen. Selbst die Sonne, in blassen Schleier gehüllt, soll den Tod des ausserordentlichen Mannes betrauert haben, und der Komet wurde desshalb *Julium Sidus* genannt.

Zur Zeit Nero's, sechszig Jahre nach Chr. G., erschien ein Komet, der, nach Seneca's Berichten, die Strahlen der aufgehenden Sonne verdunkelte. Im Jahre 1402 erschienen zwei sehr grosse und helle Kometen. Der von 1532 konnte den ganzen Tag durch am Himmel gesehen werden. Der von 1456 hatte einen Schweif von 60 Graden Länge, und der von 1618 einen von 100 Graden, so dass das Ende dieses Schweifes an dem Horizonte noch nicht aufgegangen war, obschon sein Kopf bereits die Mitte des Himmels einnahm, und dieser Schweif erschien um so furchtbarer, da er nicht in eine Spitze auslief, sondern vielmehr fächerartig sich immer mehr ausbreitete. Der Komet von 1680 war so gross, dass er, obschon sein Kopf bald nach der Sonne unterging, doch die ganze Nacht hindurch einen Theil seines über 70 Grade langen und sehr breiten Schweifes über den Horizont zeigte. Einer der grössten der bisher gesehenen Kometen war der von 1744, dessen Licht, nach dem Berichte der Astronomen jener Zeit, am 1. Februar dieses Jahres schon heller, als das des Sirius war, der am 8. Februar an Helligkeit den Jupiter, und im Anfange des März selbst die Venus in ihrem grössten Glanze übertraf, so dass man ihn, an beschatteten Stellen, um 1 Uhr Nachmittags mit freien Augen sehr gut sehen konnte. Durch seine Grösse ausgezeichnet endlich war auch der Komet vom Jahr 1769, dessen Schweif über 90 Grade lang war.

Wir haben hier, nach dem Gebrauche der Astronomen, die Länge der Kometenschweife in Graden, also nur die Winkel angegeben, unter welchen sie, von der Erde gesehen, erschienen sind. Einen deutlicheren Begriff von ihrer Ausdehnung würden wir erhalten, wenn wir dieselben in Meilen angeben könnten. Allein das ist oft schwer, weil man, wenn auch die Entfernung der Kometen von der Erde, so doch nicht die Lage ihres Schweifes gegen unsere Gesichtslinie genau angeben kann. Wegen dieser Lage erscheinen sie uns oft sehr verkürzt, wozu noch die meistens sehr schwache und unbestimmte Begrenzung derselben an ihren von dem Kern entfernteren Enden kommt. Schröter und Herschel haben es zuerst versucht, die wirkliche Grösse dieser Schweife zu bestimmen. Sie fanden die Länge des Schweifes des Kometen von 1744 gleich sieben Millionen Meilen, und die von 1769 über zehn, die von 1680 gegen zwanzig, und endlich die von 1811 über zweiundzwanzig Millionen Meilen. Andere Beispiele werden wir weiter unten kennen lernen.

Man muss demnach die Kometen nicht nur als die bei weitem zahlreichsten, sondern auch als die grössten Körper unseres Sonnensystems ansehen. Ihre Schweife erstrecken sich oft über einen Raum, der grösser ist, als die Entfernung der Erde von der Sonne, und auch der auf ihre Axe senkrechte Durchmesser, oder die Dicke derselben, mag oft mehrere Millionen Meilen betragen. Der Kopf des Kometen

von 1811 hatte, nach dem oben Gesagten, einen Durchmesser von wenigstens 140000 Meilen, war also über achtzigmal grösser, als der Durchmesser der Erde, und selbst noch siebenmal grösser, als der Durchmesser Jupiters, des grössten unserer Planeten, so dass der Kopf dieses Kometen, an körperlichem Inhalte oder an Volum den Jupiter über 340mal und die Erde gegen 510000mal übertraf, wobei sein ungeheurer Schweif nicht mitgerechnet ist, obschon er in seiner Länge die Distanz der Sonne von der Erde weit hinter sich zurückliess. Man kann sich kaum vorstellen, wie eine Masse, die einmal so viele Millionen Meilen von dem Kopfe des Kometen weggeschleudert worden ist, von der so schwachen Materie dieses Kopfes wieder zurückgezogen werden soll. Vielleicht erklärt sich daraus die Abnahme der Grösse, die man bei einigen mehrmals wiedergekehrten Kometen bemerkt haben will.

§. 144. (Phasen der Kometen.) Man hat so oft gefragt, ob die Kometen, so wie die Planeten, an sich dunkle Körper sind und ihr Licht nur von der Sonne erhalten, oder ob sie, so wie die letzte, mit einem eigenen, wenn gleich viel schwächern Lichte leuchten. Diese Frage wäre beantwortet, wenn man mit Gewissheit sagen könnte, ob die Kometen solche Lichtphasen zeigen, wie sie unser Mond und selbst Venus und Merkur haben. Denn dann liesse sich nicht weiter zweifeln, dass sie an sich dunkle Körper seien.

Aber leider ist diess letzte noch immer nicht ausgemacht. Man hat so oft behauptet, dass D. Cassini an dem Kometen von 1744 solche Phasen beobachtet habe. Aber wenn man die Stelle in den Par. Memoiren, wo er diese Bemerkung mittheilt, genauer betrachtet, so sieht man, dass er nur von der Unregelmässigkeit in der Gestalt des Kerns dieses Kometen, nicht aber von eigentlichen Phasen desselben spricht. Ueberdiess sagen Heinsius und Chezeaux, die beide denselben Kometen ebenfalls beobachtet haben, ausdrücklich, dass sie an demselben nichts einer Phase Aehnliches gesehen hätten. An dem Kometen von 1769 will zwar der Engländer Dunn etwas dergleichen bemerkt haben, aber Messier's Beobachtungen desselben Kometen widersprechen einer solchen Wahrnehmung gänzlich. Den Kometen des Jahres 1819 sah Cacciatore in Palermo am 5. Juni d. J. unter der Gestalt des Mondes in seinen Vierteln. Diese Beobachtung könnte für entscheidend gelten, wenn derselbe Astronom nicht hinzugesetzt hätte, dass die Verbindungslinie der beiden Spitzen des Halbmonds in derjenigen geraden Linie gelegen wäre, welche die Sonne mit dem Kometen verband, da doch jene Distanz auf dieser Linie senkrecht stehen müsste, wenn das, was er sah, eine wahre Phase gewesen wäre. Neuere Beobachtungen von Kometen mit den heutigen optischen Hülfsmitteln haben es mehr als wahrscheinlich gemacht, dass, was man früher für Phasen zu halten geneigt war, räthselhafte Gestaltungen des Kopfes sind, die wir später näher betrachten werden.

Uebrigens mag es schwer sein, bei einem mit so vielen Lichthüllen umgebenen Körper deutliche Phasen zu bemerken, besonders wenn, wie es wahrscheinlich ist, diese Hüllen selbst ein eigenes, phosphorescirendes Licht haben sollten. — Die neuere Physik hat ein anderes Mittel gefunden, wodurch diese Frage vielleicht beantwortet werden kann. Man weiss, dass das Licht, wenn es von Körpern unter gewissen Win-

keln zurückgeworfen wird, mehrere Eigenschaften äussert, die es erkennen lassen, ob dieses Licht ein direktes oder ein reflectirtes Licht ist (vergl. *II.* §. 8). Allein die Versuche, die Arago in dieser Beziehung an dem Kometen von 1819 auf der Sternwarte in Paris und eine Reihe anderer Astronomen an den grossen Kometen der letzten Jahre gemacht haben, konnten den Gegenstand nicht zur völligen Entscheidung bringen.

§. 145. (Durchsichtigkeit und Dichte der Kometen.) Der blosse Anblick dieser Himmelskörper zeigt schon, dass sie mit den uns sonst bekannten Gestirnen kaum eine Aehnlichkeit haben. Sie erscheinen selbst in den besten Fernröhren immer nur als leichte Wolken, zeigen oft gar keine stärker leuchtende Stelle, den sogenannten Kern, und wenn sie einen solchen zeigen, so löst auch er sich immer mehr auf, je stärker die angewendete Vergrösserung ist. Während man durch unsere Nebel selbst die grösseren Gegenstände, wie unsere Häuser und Bäume oft schon auf wenige Schritte nicht mehr zu erkennen vermag, sieht man durch die Nebelhüllen der Kometen, die für unsere Gesichtslinie sich viele tausend Meilen erstrecken mögen, in Abständen weniger Sekunden von dem Kerne die kleinsten Fixsterne kaum mehr geschwächt als es eine lichte Umgebung überhaupt mit sich bringt. Der Stoff, aus welchem diese Körper bestehen, scheint also, wenn er gleich Sonnenlicht zurückwirft und daher dasselbe nicht vollkommen durchlässt, doch jedenfalls sehr diaphan zu sein. Eine Gelegenheit, hierüber entscheidende Beobachtungen anzustellen, hätte der Komet von 1819 geboten, der am 26. Juni jenes Jahres in einer Entfernung von 14 Millionen Meilen zwischen Sonne und Erde durchging, und den wir daher auf dem lichten Hintergrunde der Sonne hätten sehen können, wenn er irgend eine solide Masse enthielt. Allein unglücklicherweise wurde die Vorherberechnung dieser Erscheinung zu spät bekannt, und die Beobachtung Pastorff's, der einen an diesem Tage von ihm bemerkten Sonnenflecken für jenen Kometen hielt, ist zu wenig verbürgt, um hier in Betracht zu kommen. Die berüchtigte Bedeckung des Mondes durch einen Kometen, von der Georg Phranza in seiner Chronik für 1454 berichten sollte, hat sich als eine unrichtige Uebersetzung des griechischen Textes durch den Jesuiten Pontanus erwiesen. Ein näherer Vergleich des Kometenstoffes mit unseren Wolken, denen sie auf den ersten Anblick sehr ähnlich sind, hält schon desshalb nicht Stich, da diese wässerigen Dünste der Erde nichts weniger als sehr durchsichtig sind. Aber auch mit unseren Gasarten zeigt die Materie, aus welcher die Kometen gewoben sind, geringe Analogie; denn alle unsere Luftarten sind zwar sehr durchsichtig, lenken aber durch sie gehendes Licht von seiner Richtung ab d. h. brechen es, während man an Sternen, die hinter Kometen standen, auch bei den genauesten Messungen, wie namentlich Struve und Bessel sie angestellt haben, nicht die geringste Spur einer Refraction entdecken konnte. Der Kometenstoff ist also auch ungemein wenig dicht, ja er scheint eben nur eine Anhäufung von einander getrennter Theilchen zu sein, was wieder eine Aehnlichkeit mit unseren Wolken wäre, die aus demselben Grunde keine lichtbrechende Kraft besitzen. Eigentlich fehlt es uns demnach, wie Mädler sehr richtig bemerkt, auf der Erde ganz an einem Analogon des Kometenstoffes. Vielleicht sind die einzelnen Körperchen, aus welchen die

Kometen bestehen, von einem gemeinschaftlichen Stoffe gar nicht umschlossen und bilden, gleich den oft zur Erde fallenden Schwärmen von Meteorsteinen, nur durch gegenseitige Anziehung grössere Complexe.

Da es, wie wir sogleich hören werden, erwiesen ist, dass die Masse der Kometen ungemein klein ist, so führt uns ihre grosse Ausdehnung von selbst auf eine sehr geringe Dichte. Die schwache Anziehung, welche von so kleinen Massen ausgeübt wird, die hohen Temperaturen, denen die Kometen auf ihren Bahnen um die Sonne ausgesetzt sind, machen es wahrscheinlich, dass diese Körper an sich aus sehr geringen Quantitäten eigentlicher Materie bestehen.

§. 146. (Masse der Kometen.) Einen Beweis für die ungemein geringe Masse der Kometen überhaupt liefert uns der sonderbare Komet vom Jahre 1770. Die ersten Beobachtungen desselben gaben uns eine nicht sehr excentrische, elliptische Bahn mit einer Umlaufszeit von 5 ½ Jahren. Bei diesem Resultate der Berechnung war es aber sehr auffallend, dass der Komet, seiner kurzen Umlaufszeit ungeachtet, weder vor noch auch nach dem Jahre 1770 wieder gesehen wurde. Endlich fand man nach vielen umständlichen Rechnungen, dass er im Jahre 1767 dem Planeten Jupiter nahe vorbei ging, und dass dieser grösste aller Planeten seine ursprüngliche, wahrscheinlich sehr ausgedehnte Bahn in diese viel kleinere von 5 ½ Jahren verändert habe. In dieser seiner neuen Bahn würden wir ihn auch vermuthlich im März d. J. 1776 wieder gesehen haben, wenn er nicht mit der Sonne zugleich über unserem Horizonte gestanden, also uns unsichtbar gewesen wäre. Als er sich aber später wieder von der Sonne entfernte, begegnete er auf seinem Wege im Jahre 1779 dem Jupiter zum zweitenmale und erlitt dadurch neuerdings eine gewaltsame Veränderung seiner Bahn, wodurch dieselbe jetzt wieder sehr excentrisch geworden ist, wie sie vor dem Jahre 1770 war, und in welcher er so bald der Erde nicht mehr nahe genug kommen kann, um von ihr gesehen zu werden. Auf diesem zweimal gestörten Wege ging der Komet ebenfalls zweimal mitten durch das System der vier Satelliten jenes Planeten, und er würde unter diesen kleinen Körpern gewiss sehr beträchtliche Störungen verursacht haben, wenn seine Masse nicht ungemein gering gewesen wäre. Selbst vor unserer Erde ging dieser Komet in demselben Jahre 1770 näher, als bisher irgend ein anderer, vorbei, indem seine kleinste Entfernung von der Erde nur 368 Erdhalbmesser oder nahe sechsmal die Distanz des Mondes von der Erde betrug. Hätte er eine der Erde gleiche Masse gehabt, so würde er die Länge unseres Jahres um volle 2 St. 53 Min. geändert haben. Allein alle unsere Beobachtungen zeigen, dass sich das Jahr der Erde, seit jener Epoche, gewiss nicht um zwei Sekunden, d. h. nicht um den 5000sten Theil jener Zeit geändert hat, woraus daher folgt, dass auch die Masse jenes Kometen noch nicht den 5000sten Theil der Erdmasse betragen könne.

§. 147. (Kometen bewirken keine Störungen.) Allerdings könnte man einwenden, dass das, was von diesem und vielleicht noch von einigen andern Kometen gilt, darum nicht von allen anderen gelten müsse. Nun ist es wohl unmöglich, alle diese Himmelskörper nach einander auf die Kapelle zu bringen, um sie in dieser Beziehung auf das genaueste zu untersuchen. Allein es gibt doch noch einen andern, bisher, so viel

uns bekannt, ganz übersehenen Beweis für die Geringfügigkeit der Kometenmassen, der vor allen übrigen den grossen Vorzug hat, dass er in der That sämmtliche Kometen, so viel deren auch seit Jahrhunderten uns nahe gekommen sind, umfasst, und dass er daher als ein allgemeiner Beweis anzusehen ist.

Bei der Berechnung der Störungen, welche jeder Planet, der der Sonne nächste, wie der entfernteste, von allen übrigen Planeten erleidet, wird auf diejenigen Störungen, welche etwa von den Kometen oder auch von den Fixsternen kommen könnten, durchaus keine Rücksicht genommen, weil man voraussetzt, dass die Massen von jenen zu klein, und dass die Entfernungen von diesen viel zu gross sind, als dass sie noch auf die Bewegung dieser Planeten irgend einen Einfluss haben könnten. Ehe man diese gegenseitigen Störungen der Planeten berechnen konnte, war die Theorie der planetarischen Bewegungen noch so unvollkommen, dass Abweichungen zwischen den Berechnungen und den wirklichen Beobachtungen oft auf mehrere Minuten gingen, womit man sich, da man damals noch nichts Besseres hatte, zufrieden stellen musste. Allein seit man, durch die jetzt so vervollkommnete mathematische Analyse, diese Störungen mit allem Fleisse berechnet hat, stimmen die voraus berechneten mit den in der That beobachteten Orten der Planeten bis auf einige wenige Sekunden überein, so dass wir uns jetzt einer viel grösseren Harmonie zwischen der Theorie und der Beobachtung zu erfreuen haben, als es unseren Vorgängern gegönnt war, und dass die kleinen Abweichungen, die wir noch zuweilen finden, meistens der Art sind, dass wir sie mehr den immer noch nicht ganz vermeidlichen Beobachtungsfehlern, als einer unrichtigen Theorie zuschreiben müssen. Diese Harmonie würde aber nicht bestehen können, wenn jene Voraussetzung, auf welche unsere ganze Theorie gebaut ist, der Wahrheit nicht gemäss wäre, d. h. wenn die Kometen, oder wenn auch nur ein einziger von jenen, die seit langer Zeit unseren Planeten nahe gekommen sind, eine Masse hätte, die hinlänglich wäre, den Ort dieser Planeten auf eine uns merkbare Weise zu verändern.

§. 148. (Berechnung der Kometenbahnen.) Es ist bereits oben gesagt worden, dass diese Himmelskörper, wenn sie zum zweitenmale zur Erde herabsteigen und nach oft langer Zeit wieder für uns sichtbar werden, ihre äussere Gestalt zuweilen so sehr geändert haben, dass es unmöglich ist, sie an ihrer Form als früher schon dagewesene Gäste wieder zu erkennen. Da aber dieses Wiedererkennen für die Astronomen sehr wichtig ist, so haben sie andere Merkmale aufgesucht, die aller Wahrscheinlichkeit nach weniger Veränderungen unterworfen sind, und diese fand man in den Elementen ihrer Bahnen (*I.* §. 139), deren Kenntniss ohnehin nöthig ist, um die Bewegung und den Ort des Kometen für jede gegebene Zeit durch Rechnung zu bestimmen.

So oft daher einer dieser Himmelskörper erscheint, wird er sofort auf allen wohleingerichteten Sternwarten eifrig beobachtet, und aus diesen Beobachtungen werden dann, durch Rechnung, die Elemente seiner Bahn abgeleitet. Findet man, dass diese Elemente mit einem der bereits früher erschienenen Kometen übereinstimmen, so wird man mit der grössten Wahrscheinlichkeit daraus schliessen, dass diese beiden Kometen identisch sind, und dass daher der fremde Gast schon einmal und vielleicht öfter da gewesen ist.

Dieser Elemente sind aber sechs, die an dem angeführten Orte bereits aufgezählt worden sind, nämlich: 1) die grosse Axe der Bahn, oder was (*I.* §. 118) dasselbe ist, die Umlaufszeit des Kometen; 2) die Lage dieser Axe oder die Länge des Periheliums; 3) die Excentricität oder die Entfernung des Brennpunktes der elliptischen Bahn von dem Mittelpunkte derselben; 4) die Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik; 5) die Länge des Knotens oder die Lage der Linie, in welcher die Kometenbahn die Ekliptik schneidet; und endlich 6) die Epoche oder der Ort des Kometen in seiner Bahn zu irgend einer gegebenen Zeit.

Allein wie findet man diese Elemente aus den Beobachtungen? — Es kann nicht unsere Absicht sein, hier eine vollständige Antwort auf diese Frage zu geben. Demungeachtet wird der Leser wünschen, wenigstens den Weg dazu im Allgemeinen angezeigt zu finden.

Sei S (Fig. 28, *I.* §. 115) die Sonne, T die Erde und p der Komet zur Zeit irgend einer Beobachtung desselben. Lässt man von p auf die Ebene STP der Ekliptik eine Senkrechte pP herab und verbindet man dann diesen Punkt P durch gerade Linien mit S und T, so entstehen hier drei Dreiecke STP, SPp und TPp, und auf die vollständige Kenntniss dieser Dreiecke kommt eigentlich die ganze Rechnung an, um die es sich hier handelt.

Allein diese Kenntniss oder die sogenannte Auflösung dieser Dreiecke bietet ganz besondere Schwierigkeiten dar. — Bemerken wir zuerst, dass unsere Beobachtungen der Kometen nichts geben, als erstens den Elongationswinkel (*I.* §. 111) STP (der gleich ist der Länge der Sonne weniger der geocentrischen Länge des Kometen), und zweitens die geocentrische Breite des Kometen oder den Winkel PTp. Da uns die Bewegung der Sonne aus ihrer Theorie bekannt ist, so können wir auch noch für jede Zeit die Entfernung der Erde von der Sonne oder die Grösse der Linie ST angeben. Die in jenen drei Dreiecken bekannten Grössen sind also die beiden Winkel STP und PTp nebst der Linie ST, und daraus lässt sich nun, nach einem leichten Satze der Trigonometrie, auch noch der Winkel STp ableiten und — weiter nichts. Man braucht aber, um jene Frage zu beantworten, vor allen den Commutationswinkel TSP (der gleich ist der heliocentrischen Länge des Kometen weniger der heliocentrischen Länge der Erde *I.* §. 111); ferner den Winkel PSp oder die heliocentrische Breite des Kometen und endlich die Linie Sp, welche den Kometen mit der Sonne verbindet, d. h. den Radius Vector (*I.* §. 133) des Kometen. Wenn man so diese drei letzten Grössen unserer Dreiecke hätte, d. h. mit andern Worten, wenn uns die Lage des Kometen gegen die Sonne vollständig bekannt wäre, so würde die weitere Bestimmung der Elemente der Bahn des Kometen zwar noch immer nicht zu den leichten Arbeiten gehören und gar manche Kenntnisse der Astronomie sowohl als auch der höhern Analyse voraussetzen, aber sie würde doch, wie man längst schon gezeigt hat, möglich und ausführbar sein. Allein jene drei Stücke sind nun einmal unbekannt, da uns durch unsere Beobachtungen nur die Lage des Kometen gegen die Erde und diese nicht einmal vollständig (weil uns die Kenntniss der Linie TP oder Tp fehlt) gegeben ist.

Bei dieser Lage der Dinge lässt sich an eine sogenannte directe Auflösung unseres Problems nicht denken. Zwar kann man die analy-

tischen Ausdrücke, von welchen diese Auflösung abhängt, ohne besondere Mühe aufstellen, aber sie sind so weitläufig, und die aus ihnen zu findenden unbekannten Grössen sind unter einander so verwickelt, dass zu der Berechnung derselben selbst die Geduld des unermüdlichsten Rechners nicht hinreichen würde.

Man musste also diesen directen oder geraden Weg verlassen und zusehen, ob man nicht vielleicht durch Umwege das gewünschte Ziel erreichen könne, durch Versuche, in welchen man z. B. eine von den unbekannten Seiten *Tp* oder *TP* einstweilen willkürlich, also wohl ohne Zweifel fehlerhaft annimmt, und dann mit dieser Annahme weiter rechnet, bis man auf Resultate kommt, die sich mit den Beobachtungen nicht mehr vertragen und die uns daher zu einer andern Annahme von *TP* führen, die wohl wieder, aber vielleicht schon minder fehlerhafte Resultate geben und uns auf diese Art, nach einigen zweckmässig angestellten Versuchen, in den Stand setzen wird, denjenigen Werth von *TP* zu finden, welcher den Beobachtungen vollkommen entspricht.

Ein solches Mittel, diesen Zweck auf eine bequeme und sichere Weise zu erreichen, wird uns z. B. das oben (*I.* §. 136) erwähnte erste Gesetz Kepler's geben. Nach diesem Gesetze bewegen sich alle Planeten und Kometen um die Sonne so, dass der Radius Vector derselben Flächen beschreibt, die den dazu verwendeten Zeiten proportional sind.

Nehmen wir nun an, man habe den Kometen in drei auf einander folgenden Zeiten beobachtet. Für die erste dieser Beobachtungen ist in unserer Zeichnung, wie gesagt, der Elongationswinkel *STP* und die Seite *ST*, so wie der Winkel *PTp* unmittelbar gegeben. Nimmt man nun vorläufig auch die Seite *TP* als bekannt an, so wird man, mit diesen Grössen, jene drei Dreiecke vollständig auflösen können. Dasselbe wird man auch für die zweite und dritte Beobachtung thun, und dadurch, wie man leicht sieht, nicht nur die drei Radii Vectores des Kometen zur Zeit jener drei Beobachtungen, sondern auch noch die Winkel finden, welche zwischen diesen drei durch die Sonne *S* gehenden Radien enthalten sind, und also auch die elliptischen Flächen, welche zwischen diesen Radien und den sie begrenzenden Bogen der elliptischen Bahn des Kometen liegen. Diese Flächen sind es nun, welche den aus den unmittelbaren Beobachtungen gegebenen Zwischenzeiten proportional sein müssen, wenn jene willkürliche Annahme der Seite *TP* der Wahrheit gemäss ist. Gesetzt, jene Beobachtungen wären zur Zeit der Mitternacht am 1., 6. und 16. März gemacht worden, so sind die Zwischenzeiten derselben 5 und 10 Tage, oder die zweite ist doppelt so gross, als die erste. Und eben so muss also auch die elliptische Fläche zwischen dem zweiten und dritten Radius doppelt so gross sein, als die Fläche zwischen dem ersten und zweiten Radius, wenn jene Annahme richtig gewesen ist. Ist diess nicht, so wird man jene Distanzen *TP* so lange ändern, bis diese Flächen sich genau so, wie jene Zwischenzeiten verhalten, und wenn man diess erreicht hat, so wird man auch überzeugt sein, dass die letzten drei Distanzen des Kometen von der Sonne und die Winkel, welche zwischen ihnen enthalten sind, mit der Wahrheit genau übereinstimmen. Kennt man aber einmal diese Distanzen und ihre Winkel, so ist die daraus folgende Bestimmung der eigent-

lichen Elemente ein einfaches geometrisches Problem, das sich direct und zwar auf mehr als eine Weise auflösen lässt.

Man wird ohne unsere Erinnerung bemerken, dass dieses Verfahren nicht ohne umständliche Rechnungen angewendet werden kann, und dass es zu manchen scharfsinnigen Bemerkungen und Kunstgriffen Gelegenheit geben wird, die wir aber hier übergehen müssen.

Dasselbe Verfahren muss man im Grunde auch bei der Bestimmung der Elemente der Planetenbahnen anwenden, und es wird auch in der That bei den sogenannten kleinen Planeten angewendet, ja diese sind es eigentlich, welche mehrfach Gelegenheit zur Ausbildung dieser Methode gegeben haben. Bei den älteren Planeten aber konnte man sich diese Mühe ersparen, weil von denselben eines jener sechs Elemente, nämlich die Umlaufszeit oder, was dasselbe ist, die grosse Axe ihrer Bahnen durch die Beobachtungen der Alten bereits auf das genaueste bekannt war (*I.* §. 122), ein Vortheil, der bei den neueren Planeten wegfiel.

Auch bei den Kometen hat man sich eines ähnlichen Vortheils zu bedienen gesucht, um die hieher gehörenden Rechnungen zu erleichtern. Nachdem man nämlich bemerkt hatte, dass sie beinahe alle in sehr excentrischen Ellipsen um die Sonne laufen, so erlaubte man sich die Voraussetzung, dass sie sich, nicht in Ellipsen, wie diess in der That der Fall ist, sondern dass sie sich in Parabeln um die Sonne bewegen. In der That ist die Parabel eben nur eine Ellipse mit unendlich grosser Axe. Wenn beide krumme Linien denselben Scheitel und Brennpunkt haben, so kommt der Bogen der Ellipse dem der Parabel desto näher, je excentrischer oder je schmaler diese Ellipse ist, besonders in der Nähe des Scheitels oder des Periheliums, und eben da ist es, wo wir die Kometen gewöhnlich beobachten, weil sie da der Sonne und also auch im Allgemeinen der Erde am nächsten stehen.

Nimmt man also die Bahn der Kometen parabolisch an, so fällt dadurch ein Element, die grosse Axe, die hier unendlich gross wird, ganz weg, und die Rechnung wird dadurch ungemein erleichtert. In der That hat man durch diese abkürzende Methode die Bahnen vieler Kometen den Beobachtungen hinlänglich gemäss dargestellt, aber man hat auch zugleich, indem man die grosse Axe der Bahn als unendlich gross annahm, sich aller vorläufigen Kenntniss der Umlaufszeit des Kometen begeben, da in der Parabel keine Wiederkehr desselben möglich ist. Allein nachträglich, wenn derselbe Komet wiederkehrt und man aus der Aehnlichkeit der Bahnelemente beide Erscheinungen als demselben Himmelskörper angehörend erkennt, kann man auch auf diesem Wege die Umlaufszeit finden.

Es ist übrigens für sich klar, dass diese Bestimmung der Elemente der Bahn desto genauer sein wird, je grösser der Bogen der Ellipse war, in welchem man den Kometen von der Erde beobachtet hat, weil hier, wie überall, der Schluss von dem Kleinen auf das Grosse misslich ist. Es ist daher für diese Bestimmungen sehr nachtheilig, dass wir die Kometen, wegen ihres zu schwachen Lichtes, nur in der Nähe der Sonne, also meistens nur in einem sehr kleinen Theile ihrer weit verbreiteten Bahnen sehen können, da sie, sobald sie sich weiter von der Sonne, also auch von der Erde entfernen, selbst unseren besten Fern-

röhren sich gänzlich entziehen. Dieser ungünstige Umstand äussert seine Wirkung ganz besonders auf die Umlaufszeit der Kometen. Je grösser die Excentricität, desto schwieriger ist die Bestimmung der Umlaufszeit. Daher differiren auch die Astronomen so sehr in ihren Angaben dieses Elements. Für den Kometen von 1769 fand Lexell eine Revolution von 400, Pingré eine von 1200 Jahren, und Bessel endlich, der die Beobachtungen dieses Kometen mit einer besondern Sorgfalt discutirte, sogar eine von 2089 Jahren. Der letzte zeigte zugleich, dass ein Beobachtungsfehler von nur fünf Sekunden die Umlaufszeit des Kometen schon um 400 bis 500 Jahre ändern kann. Eben so fand Prosperin für den Kometen von 1779 aus seinen Rechnungen, je nachdem er andere Beobachtungen zu Grunde legte, bald eine Umlaufszeit von 1160, bald von 19000, und endlich sogar eine unendlich grosse, d. h. eine parabolische Bahn, in welcher der Komet nie mehr zur Sonne zurückkehrt. Für den bereits oben erwähnten grossen Kometen von 1680 fand Halley eine Umlaufszeit von 575 Jahren, während Encke aus seiner sorgfältigen Untersuchung aller über dieses Gestirn gesammelten Beobachtungen eine Umlaufszeit von 8800 Jahren abgeleitet hat. Diese Beispiele, welche man leicht noch mit andern vermehren könnte, werden genügen, zu zeigen, wie schwer es ist, die Umlaufszeiten der Kometen, wenigstens wenn diese einmal mehrere Jahrhunderte umfassen, mit Genauigkeit zu bestimmen. Wir werden später (§. 167) noch einmal auf diesen Gegenstand zurückkommen.

§. 149. (Kometen von bekannter Umlaufszeit.) Von Kometen, deren Umlaufszeit man unmittelbar oder auf die eben besprochene Weise völlig oder doch ziemlich sicher bestimmt hat, kennt man jetzt folgende, deren Namen nach denen ihrer Entdecker oder ersten Berechner gegeben sind:

Halley's	Komet	mit	einer	Umlaufszeit	von	76	Jahren.	
Olbers'	„	„	„	„	„	74	„	
Encke's	„	„	„	„	„	3.29	„	
Biela's	„	„	„	„	„	6.74	„	
Faye's	„	„	„	„	„	7.46	„	
de Vico's (1844)	„	„	„	„	„	5.46	„	?
Colla (1845)	„	„	„	„	„	249	„	?
Brorsen's (1846)	„	„	„	„	„	5.5	„	
de Vico's (1846)	„	„	„	„	„	73	„	?
d'Arrest's (1851)	„	„	„	„	„	7	„	
Westphal's (1852)	„	„	„	„	„	60	„	?
Tuttle (1858)	„	„	„	„	„	13.75	„	?
Winnecke (1858)	„	„	„	„	„	5.5	„	?

Diese merkwürdigen Kometen gehören so recht eigentlich unserm Sonnensysteme an: sie bewegen sich immer unter den Planeten, während die anderen in ungemessenen und grösstentheils für uns unmessbaren Bahnen weit über die Grenze unseres Planetensystems hinausschweifen, sich in den unbekannten Tiefen des Himmels verlieren, und vielleicht schon nach ihrem ersten Besuche auf immer für uns verschwinden, indem sie unter den Fixsternen herumirren und auf ihren excentrischen Wegen von einer Planetenwelt zur andern wandern.

Zwar hat man ausser jenen Kometen, von denen wir sogleich einige näher betrachten wollen, noch andere als schon mehrmals da gewesene Fremdlinge erkennen wollen, allein man ist über die Identität

derselben noch nicht so sicher geworden, um die nächste Wiederkunft derselben mit Verlässlichkeit voraussagen zu können. Die Elemente der beiden Kometen von den Jahren 1264 und 1556 (Komet K. Karl V.) z. B. sind einander ähnlich genug, um eine Identität derselben nicht unwahrscheinlich zu finden. Allein die Beobachtungen derselben, vorzüglich die der ersten Periode, sind viel zu unvollkommen, um darauf einen sichern Schluss für die Wiederkehr gründen zu können, und es ist auch im letzten Jahrzehend, wo, die Identität beider Kometen angenommen, die Rückkehr zum Perihel hätte stattfinden müssen, keiner mit ähnlichen Elementen beobachtet worden. Ebenso haben manche Astronomen den im Jahr 1743 mit dem im Jahr 1819 erschienenen Kometen für einen und denselben gehalten. Die Beobachtungen von der letzten Periode lassen allerdings deutliche Spuren einer Ellipticität bemerken, und die Elemente sind, bis auf die gar zu verschiedenen Neigungen der beiden Bahn, mit jener Vermuthung in Uebereinstimmung. Clausen zeigte uns, dass diese Aenderung seiner Neigung von den nahen Vorübergängen an Jupiter komme, und er machte es wahrscheinlich, dass dieser Komet jetzt eine Umlaufszeit von 5 ½ Jahren habe, aber man hat ihn seit 1819 nicht wieder gesehen.

§. 150. (Halley's Komet.) Dieser merkwürdige Komet zeichnet sich durch mehrere interessante Eigenschaften aus, die wir, in diesem Masse, bei keinem andern vereinigt finden. Er ist unter allen Kometen von grosser Umlanfszeit der einzige, von dem wir so viele Wiederkünfte aufzuweisen haben; wir können ihn bis in die Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts mit Sicherheit, und mit einiger Wahrscheinlichkeit sogar bis zu dem Anfange der christlichen Zeitrechnung verfolgen. Er ist ferner einer der grössten und auffallendsten Kometen; er ist der erste, dessen Wiederkunft die Menschen vorauszusagen gewagt und glücklich gewagt haben, und er ist es endlich, der uns diese räthselhaften Himmelskörper noch am meisten kennen gelehrt hat, da beinahe keine seiner Erscheinungen ohne irgend eine wichtige Entdeckung oder eine Bereicherung unserer Kenntnisse der Kometenwelt vorübergegangen ist.

Die Umlaufszeit dieses Kometen beträgt, im Mittel aus den bisher beobachteten Erscheinungen 75 bis 76 Jahre. Die grosse Axe seiner Bahn ist daher nahe 18mal grösser als die grosse Axe der Erdbahn, oder sie beträgt nahe 744 Millionen deutsche Meilen. Die kleine Axe seiner Bahn beträgt 9 ⅕ Durchmesser der Erdbahn oder 380 Mill. Meilen. Daraus folgt, dass die Entfernung der Brennpunkte seiner Bahn von den Scheiteln der Ellipse nur 0.033 Theile seiner grossen Halbaxe, oder nur 12 Mill. Meilen beträgt, so dass er also in seinem Perihelium nur halb so weit als die Erde von der Sonne entfernt ist, während er in seinem Aphelium nahe noch einmal so weit als Uranus von der Sonne absteht. Sein grösster Abstand von der Sonne beträgt nämlich 35.4, und sein kleinster nur 0.6 Halbmesser der Erdbahn. Die Länge seines aufsteigenden Knotens, d. h. die Länge des Punktes der Ekliptik, in welchem er sich über dieselbe gegen Nord erhebt, beträgt 54 Grade, und die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist 72 Grade, also ungewöhnlich gross. Ueberdiess bewegt er sich in dieser seiner Bahn, der allgemeinen Richtung der Planeten entgegen, also von Ost gen West, oder seine Bewegung ist retrograd, gegen die Ordnung der Zeichen des

Thierkreises. Die Länge des Periheliums ist 303, also auch die des Apheliums 123 Grade.

Die Bahn dieses Kometen ist auf Tafel *IX.* verzeichnet, wo die Ebene des Papiers die Ekliptik vorstellt, und die vier Punkte ♈ ♋ ♎ und ♑ in den Längen von 0, 90, 180 und 270 Graden liegen. Zieht man durch den Mittelpunkt des Kreises ♈ ♋ ♎ ♑, welcher Mittelpunkt die Sonne vorstellt, eine gerade Linie nach den Punkten 54 und 234° der Peripherie dieses Kreises, so stellt diese Linie die Knotenlinie der Kometenbahn vor. Da der Komet in dieser Bahn rückwärts, oder in der Richtung der dort verzeichneten Pfeile geht, so sieht man, dass nur ein sehr kleiner Theil dieser Bahn, nämlich derjenige, welcher auf der Seite der Knotenlinie steht, in welcher das Perihel ist, über der Ekliptik, bei weitem der grössere aber unter derselben liegt, was die Ursache ist, warum uns der Komet meistens nur unter einer südlichen Breite erscheinen muss. Zur Zeit, wo er der Sonne am nächsten ist, steht er über der Ekliptik und innerhalb der Erdbahn, wie man in der Zeichnung sieht. Da er aber hier zugleich seine schnellste Bewegung hat, so verweilt er nur etwa 2½ Monate innerhalb der Erdbahn. In seinem Perihelium legt er in einer Stunde 59500 Meilen zurück, geht also viermal schneller als die Erde. In seinem Aphelium hingegen, wo seine Geschwindigkeit die kleinstmögliche ist, legt er in einer Stunde nur 980 Meilen, also 15mal weniger als die Erde zurück *). Seine Bahn liegt übrigens so gegen die Erdbahn, dass der Komet der Erde nie nahe kommen kann, und dass er, selbst im ungünstigsten Falle, noch meh-

*) Noch viel mehr verschieden sind diese Geschwindigkeiten bei denjenigen Kometen, die in sehr excentrischen Bahnen einhergehen. Der grosse Komet von 1680 zum Beispiel hat, nach Encke's Untersuchungen, eine halbe grosse Axe von 426.774 Halbmessern der Erdbahn und eine Distanz der Brennpunkte von den Scheiteln, die 0.00615 Halbmesser der Erdbahn oder nur 128260 Meilen beträgt. Nimmt man den Halbmesser der Sonne zu 96500 Meilen an, so ist im Perihelium die Entfernung des Mittelpunktes des Kometen von der Oberfläche der Sonne nur 31760 Meilen oder nahe sechs Zehntheile der Distanz des Mondes von der Erde. Im Aphelium aber ist seine Entfernung von der Sonne über 17590 Millionen Meilen, also über 830mal grösser als der Halbmesser der Erdbahn. Die Umlaufszeit dieses Kometen beträgt, wie aus der angeführten grossen Axe seiner Bahn, nach dem dritten Gesetze Kepler's folgt, 8817 Julianische Jahre, deren jedes 365¼ Tage hat. Seine Winkelgeschwindigkeit im Perihelium, wie sie von der Sonne gesehen wird, ist so gross, dass er in einer Stunde schon 118⁷⁄₁₀ Grade, also in zwei Stunden schon mehr als die sichtbare Hälfte des Himmels zurücklegt, und hier ist er der Sonne so nahe, dass man von seinem Mittelpunkte aus den Durchmesser derselben unter dem Winkel von 94 Graden sieht, also die Sonne mehr als den vierten Theil des Himmels einnimmt. In seinem Aphelium aber, wo ihm die Sonne nur mehr unter dem kleinen Winkel von zwei Sekunden erscheint, ist seine Winkelgeschwindigkeit so langsam, dass er 1840 Tage braucht, um, von der Sonne gesehen, den Winkel von einer einzigen Sekunde vorzurücken, so dass er also hier für die Sonne, die in dieser ausserordentlichen Entfernung nicht mehr beträchtlich auf ihn wirken kann, durch mehrere Jahre in einer absoluten Ruhe stille zu stehen scheint. Aus diesen Winkelgeschwindigkeiten, verbunden mit den Entfernungen von der Sonne, lassen sich auch leicht die absoluten Geschwindigkeiten des Kometen in jenen beiden äussersten Punkten seiner Bahn berechnen. Man findet so, dass er im Perihelium, wo die Erde nur 4 Meilen in einer Sekunde zurücklegt, in derselben Zeit durch 73.58 Meilen von der dort sehr starken Kraft der Sonne fortgerissen wird, während er im Aphelium in einer Sekunde nur 0.00054 Meilen, d. h. nur 12⅕ Par. Fuss zurücklegt. Aehnliche Verhältnisse werden wir weiter unten an dem Kometen von 1843 kennen lernen.

rere Millionen Meilen von ihr absteht, während z. B. der Komet Biela's sich im Jahr 1832 der Erdbahn (nicht der Erde selbst) auf 3000 Meilen genähert hat.

§. 151. (Frühere, ungewisse Erscheinungen dieses Kometen.) Wenn man von den durch Rechnung erwiesenen, also constatirten Erscheinungen dieses Kometen rückwärts, in die früheren Perioden unserer Geschichte, zurückgeht, indem man z. B. von dem Jahre 1456, wo er das erstemal gehörig beobachtet wurde, die Umlaufszeit von 75 bis 76 Jahren mehrmals subtrahirt, so stösst man bei den Historikern jener Zeiten auf mehrere Nachrichten von grossen Kometen, die sehr wohl mit dem Halley'schen identisch sein können. Da aber oft in wenig Jahren mehrere bedeutende Kometen erscheinen, so ist ein solches Zurückgehen allein, wie wir schon aus Obigem wissen, nicht hinreichend zur Nachweisung der Identität dieser Himmelskörper, und da von eigentlich astronomischen Beobachtungen in jenen entlegenen Epochen nicht die Rede sein konnte, so muss man sich mit einer genaueren Prüfung der näheren Umstände (Jahreszeit, Himmelsgegend u. s. w.), unter denen die betreffenden Erscheinungen auftraten, begnügen. Nachdem zuerst Laugier sich mit solcher Untersuchung früherer Sichtbarkeiten des Halley'schen Kometen befasst hatte, führte Hind diese Arbeit weiter aus. Fasst man die von diesen beiden Astronomen erhaltenen Resultate zusammen, so lassen sich folgende in den Chroniken verzeichneten Kometenjahre als Wiederkünfte des Halley'schen Kometen betrachten:

12 J. v. Chr., 66 n. Chr., 141, 218, 295, 373, 451, 530, 608, 684, 760, 837, 912, 989, 1066, 1145, 1223, 1301, 1378,

so dass wir das Gestirn in allen seinen Erscheinungen bis zum Anfange unserer Zeitrechnung verfolgen könnten. Für das Jahr 1378 erwähnen chinesische Geschichtsbücher so wie Alstedius und Lubienicius zweier grosser Kometen. Der letztere Schriftsteller ist der eigentliche Vater der Kometographie und hat uns in seinem *Theatrum cometicum* eine Menge in älteren Schriften zerstreuter Nachrichten über Kometen hinterlassen.

§. 152. (Spätere, gewisse Erscheinungen des Halley'schen Kometen.) Die erste verlässliche, weil durch astronomische Beobachtungen constatirte Erscheinung dieses Kometen fällt in das Jahr 1456. Er zeigte sich in diesem Jahre in den Sternbildern vom Stiere bis zum Löwen mit ungemeiner Pracht, da er der Sonne und der Erde zugleich sehr nahe stand. Sein Schweif hatte während seiner glänzendsten Periode eine Länge von 60 Graden, und er breitete sich gegen sein Ende in Gestalt eines Pfauenschweifes aus. Zur Zeit seiner Sonnennähe soll sein Kern das intensive Licht eines Fixsterns gehabt haben. Da man ihn anfangs am Morgen oder vor Sonnenaufgang, und später, nachdem er einige Zeit ganz verschwunden war, wieder Abends bald nach Sonnenuntergang am Himmel gesehen hatte, so glaubte man, dass zwei verschiedene Kometen nach einander erschienen seien. Allein mehrere Beobachter hatten bereits die richtige Ansicht gewonnen, dass diese beiden Erscheinungen nur einem und demselben Kometen angehören, dessen Sichtbarkeit nur durch seine Annäherung zur Sonne einige Zeit unterbrochen wurde, und der dann, als er auf die andere oder östliche Seite der Sonne getreten war, auch im Osten von derselben, d. h. bald nach Sonnenuntergang, am abendlichen Himmel gesehen werden musste.

Fünf Jahre früher, im Jahr 1451, hatte Mahomed II. Constantinopel erobert und dadurch dem seit Constantin d. G. bestehenden griechischen Kaiserthume ein Ende gemacht. Allein ein anderer grosser Komet von 1454 hatte bei den siegreichen Türken grossen Schrecken verbreitet, indem sie ihn für die Anzeige eines allgemeinen Kreuzzuges der gesammten europäischen christlichen Heere gegen sie hielten. Zwei Jahre später, als die Türken, dieser Anzeige ungeachtet, sehr glückliche Fortschritte gemacht und besonders das deutsche Reich mit ihren siegreichen Heeren zu überschwemmen gedroht hatten, erschien jener Komet von 1456 und verbreitete jetzt einen noch grösseren Schrecken, aber nicht mehr unter den Türken, sondern unter den Christen, die ihn nun wieder als den Vorboten ihres gemeinsamen Unterganges betrachteten. Calvisius, einer der Chronisten jener Zeit, berichtet uns: *His (cometa et bello) exterritus Papa Calixtus III. ad avertendam Dei iram aliquot dierum supplicationes indixit, constituitque in urbibus, ut in meridie campanae pulsarentur, ut omnes de precibus contra Turcarum tyrranidem fundendis admonerentur.* Nicht umsonst, wie es scheint, denn schon in dem ersten Jahre des Feldzuges erscholl die freudenvolle Nachricht von der völligen Niederlage der Türken. So willkommen dieselbe der ganzen Christenheit im Allgemeinen sein mochte, so verlegen machte sie zugleich die Kometendeuter. Der eine, Cromerus, wusste sich aber schnell zu helfen, indem er den Kometen *Christianis laetum nuntium clade Turcica et turpi fuga Mahomedis* nannte. Andere suchten dem Kometen, der nun einmal nichts als Unglück vorhersagen sollte, sein altes Ansehen zu wahren, und bezogen seine Erscheinung nicht auf die Flucht der Türken, sondern auf den bald darauf erfolgten Tod des Helden jener Tage, Johannes Corvinus Hunjady, an welchem das Christenthum eine mächtige Stütze verlor.

§. 153. (Zweite sichere Erscheinung.) Die zweite verlässliche Wiedererscheinung unseres Kometen traf in das Jahr 1531. Er war diessmal weniger gross und glänzend, auch genoss zu derselben Zeit ganz Europa eines allgemeinen Friedens. Peter Bienewitz, oder wie er sich nach dem damaligen Gebrauche die Namen zu latinisiren nannte, Apianus, kaiserlicher Astronom zu Ingolstadt unter Carl V. und Ferdinand I., lieferte uns die besten Beobachtungen von diesem Kometen, wie sie denn zugleich überhaupt die ersten eigentlich astronomischen Beobachtungen sind, die wir von irgend einem Kometen erhalten haben. Er stellte auch der Erste die im Allgemeinen sehr wichtige Bemerkung auf, dass der Schweif der Kometen der Sonne immer gegenüber stehe, was nothwendig auf einen Zusammenhang dieser Himmelskörper mit der Sonne leiten musste. Auch in dieser Erscheinung sah man den Kometen zuerst Morgens am östlichen und später Abends am westlichen Himmel, und obschon auch jetzt noch Einige von zwei Kometen sprechen wollten, so hatte sich doch schon die oben erwähnte richtige Ansicht so sehr befestigt, dass einer der Astronomen jener Zeit die Vertheidiger der Verschiedenheit dieser Gestirne ohne weitere Umstände für ein *imperitum vulgus* erklärte. Desto mehr hingen aber dafür beinahe alle Astronomen jener Zeit noch an der Meinung, dass diese Himmelskörper Vorzeichen von herannahenden Unglücksfällen sein sollen. Zwar regte sich bereits da und dort die so lange verborgen gebliebene Wahrheit, dass

diese Körper, den Planeten ähnliche Himmelskörper, sich so wie diese am Himmel bewegen und mit den Schicksalen der Menschen nichts gemein haben. Aber diese Aeusserungen, so bescheiden und furchtsam sie auch vorgetragen wurden, hatten doch das Schicksal, selbst unter den ersten Gelehrten jener Zeit Gegner zu finden und allgemein für unrichtig, wohl auch für irreligiös verschrieen zu werden. Milichius, einer der angesehensten Schriftsteller des sechzehnten Jahrhunderts, war einer der Vorkämpfer in der Vertheidigung der alten Meinung von den Kometen, und nachdem er seine Gegner durch sehr triftige Gründe, wie er glaubte, widerlegt hatte, stellte er selbst die Behauptung auf, dass die Kometen eine Art von Zwittergattung unter den Weltkörpern wären, indem sie aus den Conjunctionen der Planeten unter sich oder aus den Sonnen- und Mondes-Finsternissen entstehen. Auf diese Weise galt ihm der gegenwärtige Komet für ein Produkt der Conjunction des Saturn mit Mars und Merkur im Sternbilde des Stiers. — Nicht so dachte der bereits oben erwähnte Lubienicius. Zwar betrachtete er die Kometen nicht aus einem eigentlich astronomischen Standpunkte, aber er bemühte sich wenigstens, die Hindernisse wegzuräumen, welche einer solchen Betrachtung bisher im Wege gestanden, und vor allem dem Vorurtheile und dem Aberglauben zu steuern, der, so lange er herrschte, keine bessere Erkenntniss aufkommen liess. So viel er kann, benützt er eifrig jede Gelegenheit, zu zeigen, dass die Erscheinungen der Kometen eben so oft von freudigen als von traurigen Ereignissen begleitet sind, und dass sie daher mit diesen Ereignissen selbst in keinem weiteren Zusammenhange stehen. Bald fanden sich auch andere Männer, die es wagten, gegen die allgemeine Meinung aufzutreten und den bisher so ungerechter Weise verläumdeten Kometen das Wort zu reden. So sagt der bekannte Grynäus: «Ich kann mich nicht genug über die Kühnheit und Unwissenheit einiger Menschen verwundern, die sich nicht scheuen, aus der Erscheinung der Kometen ohne allen Grund Misswachs oder sonst ein anderes Unglück vorherzusagen.» Und Thomas Erastus schrieb in der Mitte des 16ten Jahrhunderts die für jene Zeit sehr treffenden Worte: «Wollte Gott, dass die Kriege keine andere Ursache hätten, als die durch die Wirkung der Kometen aufgereizte Galle der Machthaber. Ein einziger geschickter Arzt könnte dann mit einer kleinen Dosis Rhabarber oder Rosensyrup das Glück eines ganzen Landes erhalten.»

§. 154. (Dritte Erscheinung.) Das dritte Mal erschien unser Komet im Jahr 1607, wo er gegen Ende Oktober sein Perihelium erreichte. Diess war die Zeit, wo Elisabeth in England und Heinrich IV. in Frankreich ihre Völker gross und glücklich zu machen suchten, und wo Kepler das grosse Gesetzbuch des Himmels enthüllte. Die damalige Erscheinung des Kometen hat viel Aehnliches mit derjenigen, die im Jahre 1835 statthatte. Im Jahre 1607 trat er am 26. October in sein Perihel, und seine kleinste Entfernung von der Erde war fünf Millionen Meilen. Er durchlief den untern Theil des grossen Bären, ging durch die Mitte des Bootes, durchzog dann das Sternbild der Schlange und verschwand im Fusse des Bootes. Im Jahre 1835 aber erreichte er sein Perihel um die Mitte Novembers, näherte sich der Erde bis auf vier Millionen Meilen, durchlief die Sternbilder des grossen Bären und des Bootes und verschwand in der Schlange. Die besten Beobachtungen jener Erschei-

nung von 1607 sind von Kepler, Longomontan und von den Engländern Harriot und Torporley. Nach Kepler's Bericht hatte der Komet gegen Ende Septembers 1607 noch einen sehr schwachen und kaum bemerkbaren Schweif, indem der Kopf desselben einem nicht ganz runden Ballen von der Grösse Jupiters glich, dessen Licht aber schwach und blass, wie das des Mondes war, wenn er im Halbschatten der Erde steht. Einige Tage später wurde sein Schweif bemerkbarer, doch war er abwechselnd kurz und plötzlich wieder sehr lang, ähnlich den Streifen in der Luft, die man oft bei der Sonne bemerkt, wenn sie, wie der gemeine Mann sagt, Wasser zieht. Gegen das Ende der Erscheinung wurde der Kopf immer kleiner, und der Schweif verschwand wieder einige Zeit vor dem Kopfe.

Schon einige Jahre vorher hatten Tycho Brahe und Mästlin die Behauptung aufgestellt, dass die Kometen nicht Meteore seien, die sich bloss in unserer Atmosphäre erzeugen, sondern dass sie als eigene Himmelskörper betrachtet werden sollen, die sich in Kreisen um die Sonne bewegen. Die gegenwärtige Erscheinung brachte Kepler auf die Idee, dass die Bahnen der Kometen gerade Linien seien. Beide Meinungen waren irrig, aber sie sind doch immer als die ersten Schritte zur künftigen Theorie, zu einer eigentlichen Bahnbestimmung dieser Himmelskörper zu betrachten.

Diese Erscheinung gab auch den Astrologen jener Zeit wieder Gelegenheit, ihre Künste zu üben. Im Anfange seiner Sichtbarkeit war Jupiter in Opposition und Merkur in Conjunction mit der Sonne, und am Ende derselben stand Jupiter dem Mars gerade gegenüber am Himmel. Stoff genug, um daraus eine Menge von Vorhersagungen abzuleiten. Am klügsten benahm sich noch Krüger, der, um ganz sicher zu gehen, die Mittelstrasse hielt, und von Merkur Stürme und Ungewitter, von Jupiter schönes Wetter und von Saturn Krankheiten und anderes Unglück ableiten will, woraus er den Schluss zog, dass der Komet sagen wolle, es werde Krieg mit Frieden und Gutes mit Bösem abwechseln.

Die oben nach Kepler's Bemerkung angeführte schnelle Verkürzung und Verlängerung des Schweifes ist schon von Cysatus an dem Kometen von 1618, von Hevel an denen von 1652 und 1661, in unsern Zeiten von Schröter an dem Kometen von 1807 und von Chladni (oben §. 142) an dem von 1811 u. a. bemerkt und rührt wohl von unserer Atmosphäre. — Noch wollen wir erwähnen, dass Gottfried Wendelin aus der von ihm beobachteten Erscheinung des Jahrs 1607 diejenige vorauszusagen wagte, welche man in den folgenden Zeiten an ihm bemerken würde. In der Zukunft, sagt Wendelin, wird der Komet wie eine feurige Lanze oder gleich einem flammenden Schwerte erscheinen, das sich in eine feine Spitze endet; sein Licht wird sich kurz vor seinem Untergange auflösen und zerstreuen, ähnlich dem fliegenden Samen mancher Blumen u. f. Wir haben bereits gesehen, wie gut oder schlecht Wendelin vor 250 Jahren rathen konnte. Von dem obgleich sehr unansehnlichen Schweife unseres Kometen zur Zeit seiner Erscheinung von 1607 weiss der schon angeführte Krüger, Astronom in Danzig, mancherlei schöne, drollige Dinge zu erzählen, von denen wir nur Folgendes hier kurz und mit seinen Worten anführen: »Es haben meh-

rere befunden, dass die Kometen ihren schwantz allzeit von der Sonnen hindan gewandt, aber obwohlen Tycho vom Kometen d. J. 1577 demonstriret, dass dessen schwantz vielmehr nach der Venere, als nach der Sonnen sich gerichtet, so bekennet er doch auch, dass er nicht eingesehen, wie Venus so mächtig sein solle, dass ihr licht einen so grossen schwantz generiren könne u. s. w.«

§. 155. (Vierte Erscheinung.) Die vierte gewisse Erscheinung des Halley'schen Kometen fällt in das Jahr 1682, und diess ist, wenn man so sagen darf, die Zeit seiner wissenschaftlichen Geburt. So oft er sich auch bisher den Menschen gezeigt hatte, immer hatte man ihn nur als einen Fremdling angestaunt, oder als einen Vorboten des Unglücks betrachtet. Zwanzig Jahre früher hatte wohl Hevel die Meinung aufgestellt, dass die Kometen Himmelskörper seien, die in Parabeln um die Sonne laufen. Aber es war eben nur eine Meinung, die aller Beweise ermangelte und fruchtlos wieder verhallte, so sehr sie auch geeignet sein mochte, uns der so lange verkannten Wahrheit endlich näher zu führen. Hätte Hevel durch Rechnungen gezeigt, dass man nur seine Hypothese annehmen dürfe, um sofort den Lauf und die Geschwindigkeit der Kometen für jede gegebene Zeit, den Beobachtungen gemäss, zu bestimmen, so wäre Er, und mit Recht, für den eigentlichen Begründer der Kometenlehre angesehen worden. Aber es fehlte ihm viel, dieses hohe Ziel zu erreichen. Diese Palme war, wie so viele andere, einem der ersten Menschen seiner Zeit, sie war Newton vorbehalten.

Dieser ausserordentliche Mann hatte das Gesetz gefunden, nach welchem sich die himmlischen Körper um die Sonne bewegen: das Gesetz der allgemeinen Schwere, von welchem die drei sogenannten Kepler'schen Gesetze nur ein Ausfluss, eine blosse Folge sind. Und nachdem er gezeigt hatte, dass die Planeten in ihren Bewegungen diesem Gesetze gehorchen, wandte er dasselbe auch auf die Kometen, und zwar zuerst auf den grossen Kometen von 1680 an, dessen Bahn und Geschwindigkeit er, den Beobachtungen vollkommen gemäss, bestimmte, so dass an der Wahrheit der von ihm aufgestellten Systeme weiter kein Zweifel statthaben konnte.

Halley, Newton's Zeitgenosse und Freund, war der erste, der die neue Lehre aufnahm und sie insbesondere zur weitern Ausbildung der Kometentheorie zu benützen suchte. Seine Absicht ging anfangs nur dahin, die bis zu seiner Zeit eigentlich astronomisch beobachteten Kometen nach Newton's Vorschriften zu berechnen, und dadurch die Richtigkeit dieser Vorschriften zu erweisen. Zu diesem Zwecke berechnete er anfangs 24 Kometenerscheinungen, und da unter diesen auch jene von den Jahren 1531 und 1607 waren, so erkannte er, durch die Aehnlichkeit der Elemente derselben mit der gegenwärtigen von 1682, sofort die Identität dieser drei Kometen. Bisher hatte er alle diese Kometen nur in der abgekürzten, parabolischen Theorie berechnet, die auch in der That hinreichte, die Orte derselben mit den Beobachtungen übereinstimmend darzustellen. Da er aber in den Erscheinungen der drei letztgenannten Jahre eine Periode von nahe 75 Jahren erkannte, so legte er, in einer zweiten Berechnung, denselben die elliptische Hypothese zu Grunde, und fand dadurch seine frühere Bemerkung der Identität dieser drei Kometen vollkommen bestätigt. Anfangs zwar wäre er bald an der bereits erkannten Wahrheit wieder irre geworden,

da er diese Periode zwischen den verschiedenen Erscheinungen nicht gleich gross bemerkte. So fand er die Zwischenzeit von den Durchgängen des Kometen durch sein Perihel in den Jahren 1531 und 1607 nur 27352 Tage, während diese Zeit für die Jahre 1607 und 1682 volle 27937 Tage, also 585 Tage mehr betrug, als zuvor. Aber er war scharfsinnig genug, zu finden, dass die ungemeine Nähe, in welcher der Komet bei den zwei grossen Planeten Jupiter und Saturn vorüberging, die Ursache dieser Verschiedenheit gewesen sei, und dass daher die früher vermuthete Identität dadurch nicht aufgehoben werde. Ueberdiess fand er in den Jahren 1456, 1380 und 1305, also nahe immer in derselben Zwischenzeit von 75 oder 76 Jahren, noch drei andere Erscheinungen, die er zwar, aus Mangel eigentlicher astronomischer Beobachtungen, der strengen Rechnung nicht unterwerfen konnte, die aber, den von ihm gesammelten Nachrichten der Geschichtschreiber jener Zeiten zufolge, immer noch sehr gut zu seiner Hypothese passten, und dieselbe noch weiter zu bestätigen schienen. Er wurde durch alle diese Untersuchungen seiner Sache endlich so gewiss, dass er mit edler Kühnheit die Wiederkehr desselben Kometen auf das Jahr 1758 ankündigte: die erste Vorhersagung dieser Art, die auch glücklich eingetroffen ist.

§. 156. (Fünfte Erscheinung.) Diese fünfte Erscheinung unseres Kometen hatte im Jahre 1759 statt, wo er am 12. März durch sein Perihel ging. Halley hatte, nach einer blossen Schätzung der Wirkungen, welche Jupiter und Saturn auf ihn ausüben könnten, seine Wiederkehr auf das Ende des Jahres 1758 oder auf den Anfang von 1759 angekündiget. Diese Vorhersagung war schon an sich für die Astronomen sehr wichtig, und sie hing überdiess so innig mit dem nur vor Kurzem entdeckten Gesetze der allgemeinen Schwere zusammen, dass sie die Aufmerksamkeit aller Astronomen erregen musste. Sie suchten ihn bereits seit dem Anfange des Jahres 1757, während Clairaut, der einer der Ersten die Theorie der planetarischen Störungen zu entwickeln bestrebt war, sich damit beschäftigte, durch die Analyse die Veränderungen zu bestimmen, welche die Anziehung der beiden genannten Planeten an ihm bewirkt haben konnten. Am 14. November 1758 berichtete er der Akademie zu Paris, dass, seinen Rechnungen zufolge, der Komet gegen die Mitte des Aprils 1759 sein Perihel erreichen würde. Er setzte hinzu, dass die Abkürzungen, die er sich bei seinen Rechnungen erlaubt habe, diese Epoche um höchstens einen Monat verspäten oder beschleunigen dürften, wenn nicht etwa der Komet noch bei einem andern Planeten nahe vorbei gegangen wäre, der zu entfernt ist, um von uns gesehen zu werden. So nahe seine Vorhersagung auch eintraf, da sie nur einen Monat von der Wahrheit entfernt war, so würde er die Wiederkehr des Kometen zu seinem Perihel noch viel genauer, nämlich auf den 24. März, nur 12 Tage zu spät, angesagt haben, wenn er die wahre Masse Saturns, wie sie uns erst später bekannt geworden ist, hätte anwenden können, selbst ohne weitere Rücksicht auf die grossen Wirkungen des Planeten Uranus, von dessen Existenz man zu Clairaut's Zeiten noch nichts ahnen konnte.

Diese Erscheinung zeichnete sich dadurch aus, dass sie von einem doppelten Verschwinden des Kometen begleitet war. Der Komet wurde gegen das Ende des Jahres 1758, also vor seinem Perihelium,

entdeckt. Um die Mitte Februars näherte er sich, von der Erde gesehen, der Sonne so sehr, dass er endlich in den Strahlen derselben verschwand. Gegen das Ende des März trat er aus denselben wieder mit neuem Glanze hervor und verschwand am 22. April zum zweitenmal, wenigstens für die europäischen Astronomen, weil er so tief unter den Aequator herabstieg, dass er von der nördlichen Hemisphäre der Erde nicht mehr gesehen werden konnte. Am 28. April fing er wieder an, sich aus seinen südlichen Regionen gegen den Aequator zu erheben und für uns neuerdings sichtbar zu werden, bis er endlich in den ersten Tagen des Junius völlig verschwand und sich weiter in die fernen Gegenden des Himmels verlor, wo kein Fernrohr ihn mehr erreichen kann. Der erste, der den Kometen bei dieser Erscheinung bemerkte, war ein Bauer, Palitzsch, bei Dresden, der ihn am 25. December 1758 entdeckt hatte. In Paris fand ihn der später als Kometensucher berühmte Messier gegen die Mitte des Januars 1759, der ihn auch eben so fleissig als gut beobachtete. Nach den Nachrichten Messier's hatte er einen beträchtlichen Schweif und einen bedeutenden Kern von weissem, der Venus ähnlichem Lichte. Uebrigens hat man auch Beobachtungen dieser Erscheinung von Cassini de Thury, Maraldi, Lacaille, Lalande und beinahe allen damals lebenden Astronomen. De la Nux, der ihn auf der Insel Bourbon sehr eifrig beobachtete, gibt den Schweif desselben, zur Zeit seiner schönsten Erscheinung, Anfangs Mai, auf 47 Grade Länge an, aber derselbe wurde gegen Ende dieses Monats schon wieder sehr klein und beinahe unmerklich.

§. 157. (Sechste Erscheinung.) Erst spät nach der fünften Erscheinung wurden die während derselben gemachten Beobachtungen einer genauen Berechnung, mit Rücksicht auf alle planetarischen Störungen, unterworfen, durch welche Arbeiten sich Burckhardt, später Damoiseau, Pontécoulant u. a. auszeichneten. Damoiseau gibt für die sechste Erscheinung im Jahre 1835 den 4. November als die Zeit des Durchganges des Kometen durch sein Perihel an, Pontécoulant dagegen den 7. November. Ganz vorzüglichen Fleiss hat Rosenberger in Halle auf diese Untersuchung verwendet; er hat die Bahn des Kometen sowohl aus den Beobachtungen des Jahres 1682, als aus denen von 1759 auf das vollständigste berechnet, und eine spätere Durchgangszeit durch das Perihel gefunden, als Damoiseau und Pontécoulant, nämlich den 12. November. Man war auf diese sechste Erscheinung um so mehr gespannt, als man durch sie über mehrere wichtige Punkte Aufschluss zu erhalten hoffte. Wir werden bald bei einem der anderen Kometen, die wir näher betrachten, sehen, dass seine Bewegung auf das Dasein eines den Weltraum erfüllenden Stoffes, Aether pflegt man ihn zu nennen, hinzudeuten scheint, der durch seinen Widerstand die Umlaufszeit des Kometen fort und fort verkürzt. Sollte nun der Halley'sche Komet nicht auch etwas Aehnliches zeigen? Es war ferner bei den successiven Erscheinungen des letzteren eine auffallende Abnahme an Grösse und Glanz zu bemerken. Bestätigte sich diese Abnahme auch bei den folgenden Erscheinungen, so würde diess auf ein allmähliches Auflösen, auf eine Vernichtung des Kometen hindeuten.

Nach den Vorausberechnungen sollte er im August 1835 schon sichtbar werden. Im October würde er der Erde am nächsten sein, und seine Entfernung ungefähr $^1/_4$ der Distanz der Sonne von der Erde

betragen; im November würde er für die nördliche Halbkugel verschwinden, dagegen aber auf der südlichen noch längere Zeit gut zu sehen sein, endlich zu Anfang des Jahres 1836 in Europa wieder sichtbar werden, um bald darauf ganz zu verschwinden. — Wirklich sah man ihn auch zuerst am 5. August, an welchem Tage er in Rom von Dumouchel aufgefunden wurde. Da er noch ausserordentlich schwer zu sehen, und selbst mit starken Fernröhren kaum zu unterscheiden war, so verlor man ihn in den nächsten vom Monde sehr erhellten Nächten auf einige Zeit wieder aus den Augen. Aber sobald die Nächte dunkler wurden, konnte man ihn wegen seiner inzwischen bedeutend vermehrten Helligkeit überall ganz gut beobachten. Alle anderen vorausgesagten Modalitäten der Sichtbarkeit trafen ebenfalls nahezu ein.

Der Durchgang durch das Perihel fand zwar den Beobachtungen gemäss etwas später statt, als man erwartet hatte; dagegen aber stimmten die übrigen Elemente der Bahn so genau mit der Rechnung, namentlich mit Rosenberger's Arbeit überein, als man nur immer erwarten konnte. Es muss jedoch ausdrücklich bemerkt werden, dass man die Verspätung des Kometen keineswegs als einen Beweis gegen die Existenz eines widerstehenden Aethers ansehen dürfe. Es können noch andere bisher unbekannte Ursachen zu Grunde liegen, und bevor man nicht auch die früheren Erscheinungen, insbesondere die vom Jahre 1531 mit in Rechnung zieht, und noch eine Wiederkunft abwartet, wird sich schwerlich in diesem Punkte etwas Entscheidendes aussprechen lassen.

Wir wollen nun die vorzüglichsten Veränderungen anführen, die der Komet bei seiner Annäherung an die Sonne erlitt. Wir geben sie mit Bessel's Worten, der sie mit grosser Aufmerksamkeit und dem ihm eigenen Scharfblicke verfolgte, und auch die wesentlichsten Beiträge zu ihrer Erklärung lieferte. »Anfangs August erschien der Komet als ein blosser Nebelfleck, dessen Mitte sich durch stärkere Zusammendrängung des Nebels auszeichnete; da er sich aber sowohl der Sonne als der Erde näherte, so vermehrten sich seine Helligkeit und Grösse nach und nach, ohne jedoch anfangs irgend eine Eigenthümlichkeit hervortreten zu lassen. Wirklich sah ich bis zum 1. October nur Nebel und eine sehr starke Zusammendrängung desselben an einem Punkte, welcher jedoch keineswegs das Ansehen eines festen Körpers hatte.«

»Auf den 2. October kann man aber den Anfang einer neuen Periode des Ansehens des Kometen setzen, denn von diesem Tage an entwickelte er eine Reihenfolge von Erscheinungen, welche zu den lehrreichsten gehören, welche Beobachtungen über die Beschaffenheit der Weltkörper bis jetzt dargeboten haben. Der erste Anblick des Kometen an diesem Tage war überraschend; sein Mittelpunkt zeigte sich so hellglänzend, dass es schien, als leuchte ein Fixstern der sechsten Grösse durch ihn hindurch; so sah der Komet mit der schwächsten Vergrösserung des sehr lichtstarken Fernrohres des grossen Königsberger Heliometers aus; wenn man aber eine hundertmalige oder noch stärkere Vergrösserung des Fernrohres anwandte, so bemerkte man, dass der Unterschied des heutigen Aussehens von dem früheren, nur von einer Vermehrung der Helligkeit des Mittelpunktes des Nebels

herrührte, nicht von einer Veränderung seiner Beschaffenheit. Nach wie vor sah man denselben als eine Masse von unbestimmter Begrenzung. Dieses blieb sein Anblick während der ganzen Dauer der Erscheinung; man sah nie einen festen Kern, welcher den Körpern der Planeten auch nur einigermassen ähnlich erschienen wäre. Dennoch werde ich die Masse im Mittelpunkte, von welcher der Nebel und die übrigen Eigenthümlichkeiten, welche ich nach und nach beschreiben werde, ausgingen, in der Folge den Kern des Kometen nennen.«

»Die beträchtliche Zunahme der Helligkeit dieses Kerns war nicht das einzige Bemerkenswerthe, was er am 2. Oktober zeigte; von ihm aus ging eine sichtbare Ausströmung von Lichtmaterie, welche an ihrem Anfange, in der Nähe des Kerns, eine beträchtliche Helligkeit besass, und so wie sie sich von ihm entfernte, schwächer wurde, doch aber bis auf eine Entfernung von 12 bis 15″ von dem Nebelgrunde unterschieden werden konnte, auf welchem sie lag. Diese Ausströmung ging in Form eines ausgebreiteten Fächers aus dem Kerne hervor; die Richtung ihrer Mittellinie ging ziemlich nahe auf die Sonne zu. Um das Verhältniss der Grösse dieser Ausströmung zu der Grösse des Kerns einigermassen anzugeben, führe ich an, dass ein zur Zeit der grössten Nähe des Kometen gemachter Versuch, die Ausdehnung des sogenannten Kernes zu messen, zwar nicht zu einer bestimmten Angabe einer Grösse führen konnte, welche, der gegebenen Beschreibung derselben zu Folge, nicht bestimmt begrenzt war; dass er aber zu der Ueberzeugung führte, dass das Ansehen des Kerns, schon in der Entfernung eines Dreissigstels des Erdhalbmessers von seinem Mittelpunkte, so verwaschen war, dass man seine Grösse nicht diese Grenze überschreitend annehmen kann. Die Entfernung, bis zu welcher ich die Ausströmung am 2. Oktober verfolgen konnte, betrug dagegen ³/₄ Erdhalbmesser. Sie war also mehr als 20mal so gross als der Halbmesser des Kerns. Der den Kern umgebende Nebel erstreckte sich weit über die Ausströmung hinaus; 12 bis 15mal weiter als sie selbst. Von einem Schweife, welcher etwa die entgegengesetzte Richtung der Ausströmung hätte haben müssen, konnte ich am 2. Oktober, vielleicht des Mondscheins wegen, nichts bemerken.« (Fig. 81.)

Fig. 81.



»Die nächste gehörig heitere Nacht war am 8. Oktober. Die Ausströmung des Kometen hatte sich in ihrer Länge ausgedehnt, aber in der Breite vermindert. Das Bild eines, weniger als am 2. ausgebreiteten Fächers, passte nicht mehr ganz, indem sich an der rechten Seite*) eine Krümmung eingefunden hatte. Ihre Richtung war stärker als am 2. Oktober gegen die Richtung nach der Sonne geneigt. Man sah also, dass die Ausströmung nicht immer in der Richtung der Sonne vor sich ging, und es konnte keinen Augenblick zweifelhaft bleiben, dass diess eine Aufschlüsse verheissende Erscheinung war, deren nähere Erkenntniss jedoch von ferneren Beobachtungen erwartet werden musste.«

*) Rechts und links beziehen sich auf das Bild im Fernrohre, welches umgekehrt erscheint.

»Die Nacht des 12. Oktobers gab Gelegenheit, den Kometen lange zu verfolgen, denn sie war vom Untergange bis zum Wiederaufgange der Sonne heiter. Die Ausströmung war noch länger und schmäler geworden, als am 8., wieder auf der rechten Seite gekrümmt. Sie gab dem Kometenkerne das Ansehen einer brennenden Rakete, deren Ausströmung durch Zugwind rechts abgelenkt wird. In dieser Nacht trat eine Bewegung des ausströmenden Lichtkegels höchst auffallend hervor. Am Anfange war seine Richtung 19° links von der Richtung zur Sonne, ihre Neigung wuchs aber von Stunde zu Stunde, und betrug gegen 3 Uhr Morgens 55 Grad.« (Figur 82.)

Fig. 82.



»Am nächsten Abende zeigte sich eine unerwartete Erscheinung; die Ausströmung war verschwunden und statt ihrer sah man eine grosse Masse ausgeströmter Lichtmaterie links vom Kerne des Kometen, in einer noch etwas grösseren Neigung gegen die Richtung der Sonne, als die, bis zu welcher die Ausströmung sich gestern bewegt hatte. Man sah also, dass sie, noch nach dem Schlusse der gestrigen Beobachtungen, ihre Bewegung nach der linken Seite fortgesetzt hatte, allein dass ihr hier die Kraft, sich in Thätigkeit zu erhalten, geschwunden war. Man kann nicht zweifeln, dass die Ausströmung aus einer Wirkung der Sonne auf den Kometen entstehe; wenn aber dieses ist, so ist auch zu erwarten, sie in voller Thätigkeit zu sehen, wenn sie sich in der Richtung ihrer Ursache befindet; dagegen in geringerer oder ganz aufhörender Thätigkeit, wenn sie sich von dieser Richtung beträchtlich entfernt, und also weniger kräftig von ihrer Ursache unterstützt wird. — Gegen 8 Uhr bedeckte sich der Himmel mit Wolken, welche verhinderten, den weiteren Verlauf der Erscheinung zu verfolgen.«

»Am 14. heiterte es sich eine Viertelstunde lang auf; die Ausströmung war nicht nur wieder erschienen, sondern war prachtvoller als am 12. Sie hatte sich von der l i n k e n Seite, wo wir sie am 12. verlassen haben und wo wir am 13. ihre deutlichen Spuren sahen, nach der r e c h t e n zurückbewegt, und befand sich sehr nahe in der Richtung der Sonne. Ich konnte sie noch in 45″ Entfernung von dem Mittelpunkte des Kerns unterscheiden, woraus die Höhe, bis zu welcher sie reichte, etwa gleich einem Erdhalbmesser folgt.«

»Am 15. hatte die Ausströmung ihre Bewegung nach der rechten Seite fortgesetzt, und hatte die Richtung, welche man den vorigen Beobachtungen zu Folge erwarten konnte. Sie war, in beträchtlicher Neigung gegen die Richtung der Sonne, o h n e die gestrige Lebhaftigkeit, und schien wieder im Verschwinden begriffen zu sein. Spätere Beobachtungen der Ausströmung führe ich hier nicht an, da sie nicht an aufeinander folgenden Tagen, sondern immer nur vereinzelt und durch mehrere trübe Tage von einander getrennt, gemacht werden konnten, und desshalb weniger beweisend sind, wenn es sich, wie jetzt, um die Ausmittlung der wahren Bewegung der Ausströmung handelt.«

»Aus den angeführten Beobachtungen geht die Art der Bewegung der Ausströmung deutlich hervor: am 12. war sie links von der Rich-

tung nach der Sonne und bewegte sich im Verlaufe dieser Nacht noch beträchtlich nach der linken Seite; am 13. wurde sie selbst nicht gesehen; aber ihr Produkt, die ausgeströmte Lichtmaterie, zeigte, wo sie gewesen war, nämlich auf der linken Seite; am 14. war sie zu der Richtung nach der Sonne, also nach der rechten Seite, zurückgegangen; am 15. endlich hatte sie ihre Bewegung nach der rechten Seite fortgesetzt und befand sich, in beträchtlicher Neigung gegen die Richtung nach der Sonne, auf dieser Seite. Sie hat also eine regelmässige Bewegung von der Rechten zur Linken und wieder zurück von der Linken zur Rechten gezeigt. Sie hat ferner grosse Lebhaftigkeit gezeigt, wenn sie der Richtung nach der Sonne nahe war; geringe dagegen, wenn sie ihr fern war.«

Bessel findet, dass diese Veränderungen in der Lage der Ausströmung durch eine schwingende Bewegung der Ausströmung sich erklären lassen, welche in der Ebene der Kometenbahn um die gerade Linie vor sich geht, die den Kometen mit der Sonne verbindet. Man hat in der That ein getreues Bild dieser Veränderungen, wenn man sich den ausströmenden Lichtkegel als ein Pendel vorstellt, welches sich in der Ebene der Kometenbahn bewegt, am Anfange seiner Bewegung einen Winkel von 60° mit der Richtung nach der Sonne macht, dann sich dieser Richtung nähert, über sie hinausgeht, und nach zwei Tagen sieben Stunden auf der entgegengesetzten Seite wieder zu demselben Winkel von 60° gelangt, von wo ab eine neue Schwingung in entgegengesetzter Richtung mit der vorigen anfängt. Leider verhinderte die ungünstige Witterung, mehrere solche Schwingungen in unmittelbarer Aufeinanderfolge zu beobachten.

Einer solchen schwingenden Bewegung der Ausströmung muss dann aber auch eine entsprechende, uns bisher unbekannte Kraft zu Grunde liegen, die offenbar ihre Wirkung in der Richtung zur Sonne äussert, da diese Richtung eine so bedeutende Rolle bei der Bewegung spielt. Die gewöhnliche Attractionskraft der Sonne kann es nicht sein; denn obwohl sie auf eine nicht sphärische Masse ähnliche Wirkungen hervorbringen müsste, so ist sie doch nicht so kräftig, um eine so kurze Schwingungsdauer von 2 Tagen und 7 Stunden hervorzurufen. Andererseits bewegte sich der Kern des Kometen so genau nach den Kepler'schen Gesetzen, dass die unbekannte Kraft, deren Wirkung hier vorliegt, offenbar nur eine solche sein kann, die keine progressive, sondern bloss eine drehende Bewegung im Kometen hervorruft; sie muss also ähnlich der erdmagnetischen Kraft gedacht werden, welche eine aus ihrer normalen Lage gebrachte Magnetnadel wieder durch Drehung in den magnetischen Meridian zurückführt, ohne die Wirkungen der Schwerkraft auf die Nadel im mindesten zu modificiren. Es ist diess der erste Fall in der gesammten Astronomie, wo man auf das Dasein einer solchen Polarkraft geleitet wird.

Die Ausströmung des Halley'schen Kometen bot noch fernere interessante Veränderungen dar. Sie krümmte sich allmählich nach beiden Seiten von der Linie zur Sonne weg, so dass die Theilchen, welche anfangs der Sonne zugingen, bald anfingen, sich von ihr abwärts zu bewegen. Bessel sah dieses unzweideutig am 22. Oktober, an welchem Tage die Ausströmung von einem beträchtlichen Theile der Oberfläche des Kerns ausging, und nicht mehr wie früher, die Figur eines ausgebrei-

Fig. 83.



Fig. 84.



teten Fächers zeigte, sondern einem nach beiden Seiten herabwallenden Federbusche vergleichbar war (Fig. 83). Wir besitzen noch Abbildungen des Kometen vom Jahr 1744, von Heinsius gezeichnet, die das, was Bessel am Halley'schen Kometen beobachtete, gewissermassen vervollständigen. Beide Kometen zeigten die Ausströmung; aber an dem von 1744 liess sich alles viel deutlicher verfolgen. Der ausströmende Theil der Oberfläche desselben vergrösserte sich immer mehr, und dehnte sich nach und nach über die ganze der Sonne zugewandte Hälfte des Kerns aus; die Krümmung der Ausströmung von der Sonne abwärts vermehrte sich und bildete die zwei Schenkel eines Schweifes, welche in den schon vorhandenen Schweif übergingen, und sich mit diesem von der Sonne abwärts erstreckten (Fig. 84), so dass also die Ausströmung als Anfang der Schweifbildung zu betrachten ist.

Wir haben hier Bessel's Bemerkungen umständlich mitgetheilt, weil sie die erste nähere Untersuchung eines Phänomens enthielten, das zuerst Hooke am Kometen von 1680, dann Hooke und Hevel am Halley'schen Kometen 1682 erkannten, und über das bereits Hooke den Bessel'schen sehr ähnliche Ansichten äusserte.

§. 158. (Komet von Olbers.) Bis zum Jahre 1815 konnte man nur vom Halley'schen Kometen die Wiederkunft mit Sicherheit angeben. Allein am 6. März des genannten Jahres entdeckte Olbers einen andern, zwar nur kleinen und unansehnlichen Kometen, der aber dadurch merkwürdig ist, dass die Umlaufszeit desselben nahe 75 Jahre beträgt. Sein grösster Abstand von der Sonne hat 33.98, und sein kleinster nur 1.22 Halbmesser der Erdbahn. Seine halbe grosse Axe ist 17.6 Halbmesser der Erdbahn, und seine Excentricität 0.931 seiner eigenen Halbaxe oder 16.38 Halbmesser der Erdbahn. Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik beträgt 44 Grade, und die Länge seines aufsteigenden Knotens 83, so wie die Länge seines Perihels 149 Grade. Die Richtung seiner Bewegung ist direkt oder von West gen Ost. Auch diese Bahn (siehe Tafel *IX.*) hat eine solche Lage gegen die Erdbahn, dass der Komet der Erde nie nahe kommen kann. Dass er früher noch nie gesehen worden ist, rührt ohne Zweifel daher, weil man den kleinen, schwach beleuchteten Körper nicht bemerkte. Sein nächster Besuch fällt erst auf das Jahr 1887, wo er am 9. Februar durch seine Sonnennähe gehen wird.

§. 159. (Komet Encke.) Der dritte Komet, dessen Umlauf uns bekannt ist, wurde von dem berühmten Kometenjäger Pons in Marseille am 26. November 1818 entdeckt. Encke, der ihn einer sehr genauen Rechnung unterwarf, erkannte der Erste seine Umlaufszeit von nahe 3 Jahren und 110 Tagen. Er wurde schon früher dreimal, in den Jahren 1786, 1795 und 1805 gesehen und beobachtet, aber ohne dass man

seine für einen Kometen doch so auffallend kurze Umlaufszeit bemerkt hätte. Die halbe grosse Axe seiner Bahn beträgt jetzt (1858) 2.2, und die halbe kleine 1.2 Halbmesser der Erdbahn. Die Excentricität derselben ist 0.85 Halbmesser seiner eigenen Bahn oder 1.9 Halbmesser der Erdbahn. Demnach beträgt seine grösste Entfernung von der Sonne 4.1 und seine kleinste 0.3 Halbmesser der Erdbahn. Die Neigung seiner Bahn ist 13, die Länge des aufsteigenden Knotens 334, und die seines Perihels 158 Grade. Seine Bewegung endlich ist direkt, wie die aller Planeten.

Dieser Komet gehört zu den kleinen und schwachen Kometen, und er hat eine kugelförmige Gestalt beinahe ohne merklichen Schweif (Fig. 80). Auch er kann der Erde nie nahe kommen, und noch weniger mit ihr zusammenstossen. Encke fand durch seine Berechnungen, dass die grosse Axe seiner Bahn also auch, nach dem dritten Kepler'schen Gesetze (*I.* §. 143) seine Umlaufszeit immer kleiner wird, eine sehr auffallende Erscheinung, da diese Elemente, wie man weiss, bei allen Planeten durchaus beständig und auch nicht der geringsten Veränderung unterworfen sind. Von 1789 bis 1858 hat sich die Umlaufszeit um beinahe zwei Tage verkürzt. Encke suchte die Ursache davon in dem Widerstande, welchen der durch den ganzen Weltraum verbreitete Aether, seiner grossen Feinheit ungeachtet, einem so lockern und wenig dichten Körper entgegensetzt, während derselbe auf die viel dichteren Planeten keinen für uns merkbaren Einfluss ausübt — eine Hypothese, die, wenn auch nicht völlig festgestellt, so doch mit den bisher beobachteten Umläufen sowohl dieses als des Faye'schen Kometen sich sehr wohl vereinigt, und auch bei den Wiederkünften des Biela'schen Kometen angedeutet zu sein scheint.

Auf den ersten Blick könnte es sonderbar scheinen, dass der Widerstand eines solchen Mittels, in welchem sich ein Körper bewegt, die Geschwindigkeit desselben beschleunigen soll, denn das thut sie, wenn dadurch der Halbmesser der Bahn kleiner, oder wenn der Komet der Sonne näher gerückt wird. Allein man wird sich erinnern, dass auf einen um die Sonne gehenden Himmelskörper immer zwei Kräfte wirken: die anziehende Kraft dieser Sonne und die Tangentialkraft, die von einem ursprünglichen Stosse herrührt, welchen der Komet im Anfange seiner Bewegung erhalten hat. Vermöge der letzten Kraft bestrebt sich der Komet, in jedem Augenblicke nach der geradlinigen Tangente seiner Bahn fortzugehen, von welcher er, durch die erste Kraft, immer wieder gegen die Sonne abgelenkt oder der Sonne genähert wird. Die Gesammtwirkung beider Kräfte macht ihn dann in der krummen Bahn fortgehen, die er in der That um die Sonne beschreibt. Durch den Widerstand jenes Mittels wird nun die Tangentialkraft offenbar vermindert, und das ist, da es sich hier nur um die Verhältnisse beider Kräfte handelt, ganz eben so viel, als ob die Attractionskraft der Sonne vermehrt worden wäre, so dass also die Sonne, wegen jenes Mittels, ihn stärker anziehen, ihn näher zu sich ziehen und eben dadurch auch seine Geschwindigkeit vermehren oder seine Umlaufszeit vermindern muss. Wenn die Bahn des Kometen eine feste, kanalähnliche Bahn wäre, wenn z. B. eine Kugel von Metall oder Elfenbein sich in irgend einer krummen Röhre bewegte, so ist kein Zweifel, dass sie sich in dem leeren Raume dieser Röhre schneller, als in einer mit Luft

oder Wasser gefüllten Röhre bewegen würde, so dass also hier der Widerstand des Wassers in der That eine Verzögerung, und nicht, wie dort, eine Beschleunigung der Geschwindigkeit des Körpers hervorbringen würde. Allein die himmlischen Körper bewegen sich nicht in solchen festen Kanälen, sondern bloss in imaginären Bahnen, die nachgeben oder sich ändern, sobald irgend eine äussere Kraft auf den Körper einwirkt, welcher in dieser Bahn einhergeht.

Ausser den vier bereits erwähnten Erscheinungen haben wir diesen Kometen auch schon in den Jahren 1822, 1825, 1828, 1832, 1835, 1838, 1842, 1845, 1848, 1852, 1858 und 1862 gesehen. Die nächste Wiederkehr fällt auf das Jahr 1865.

§. 160. (Komet Biela.) Der vierte Komet, dessen Umlauf wir bisher mit Gewissheit angeben können, ist der, welchen Biela, ein österreichischer Offizier, am 28. Februar 1826 zu Josephstadt in Böhmen entdeckt und von dem er auch zuerst die Umlaufszeit zu 6 Jahren und 270 Tagen angegeben hat. Von Morstadt auf die mögliche, nachher bestätigte Identität der Kometen von 1806 und 1772 und die daraus folgende Wiederkehr für 1826 aufmerksam gemacht, hatte Biela diesen Himmelskörper vorsätzlich gesucht. Gambart hatte ganz zufällig das Gestirn schon einige Tage früher aufgefunden. Die halbe grosse Axe der Bahn dieses Kometen betrug damals 3.6 und die halbe kleine 2.4 Halbmesser der Erdbahn. Die Excentricität seiner Bahn war der 0.75ste Theil seiner Halbaxe oder gleich 2.7 Halbmesser der Erdbahn, so dass also seine grösste Entfernung von der Sonne 6.3 und seine kleinste nur 0.9 Halbmesser der Erdbahn betrug. Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik war 14, die Länge seines aufsteigenden Knotens 251, und die seines Perihels 110 Grade. Er erschien als ein kleiner, runder, matt erleuchteter Nebel ohne Schweif, mit einem feinen Lichtpunkte in der Mitte. Der Durchmesser dieses kugelförmigen Nebels soll, nach Schröter's Messungen, im Jahre 1805, nahe $5\frac{1}{2}$ Erddurchmesser oder 9460 d. Meilen betragen haben. Der eigentliche Kern des Kometen aber sollte, nach demselben Beobachter, kaum 20 Meilen im Durchmesser enthalten. Seit 1826 hat er bis jetzt schon sechs volle Revolutionen um die Sonne vollendet. Die vorletzte beobachtete Wiedererscheinung desselben in den Jahren 1845 und 1846 bot besonderes Interesse. Aus den Elementen und der Ephemeride von Santini in Padua ergab sich, dass er in den letzten Monaten des Jahres 1845 der Erde schon nahe genug kommen werde, um gut gesehen zu werden. Zugleich war seiner Stellung am Himmel zu Folge eine ziemlich lange Sichtbarkeit zu hoffen, indem er durch die Sternbilder der Fische, des Walfisches, des Eridanus, des Hasen, grossen Hundes u. s. f. seinen Lauf zu nehmen hatte, welche alle in den Wintermonaten am südlichen Himmel sehr gut zu sehen sind. — Am 26. November 1845 wurde er zuerst in Rom und am 28. November in Berlin ganz in der Nähe des von Santini angegebenen Ortes aufgefunden. Der Unterschied mit dem beobachteten Orte betrug nur ungefähr 6′, wodurch die Richtigkeit der Rechnungen des eben genannten trefflichen Astronomen im vollsten Masse bestätigt wurde. Der Komet zeigte anfangs durchaus nichts Auffallendes. Er erschien, wie bisher immer, als ein ziemlich verwaschener Nebel, mit einer kleinen helleren Verdichtung in der Mitte und einem kleinen Schweife. Allein von Mitte Januar an zog er durch

seine plötzliche Veränderung — wenigstens schien eine solche eben erst vorgegangen zu sein — die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich, indem statt Eines Kernes deren zwei zu sehen waren, die in geringer Entfernung von einander sich mit gleicher Geschwindigkeit am Himmel fortbewegten, so dass nicht zu zweifeln war, dass beide als zusammengehörige Körper zu betrachten seien, die einen gemeinschaftlichen Weg im Raume durchliefen. Diese höchst merkwürdige Erscheinung wurde zuerst am 13. Januar von Maury in Washington, dann am 15. Januar von Wichmann in Königsberg wahrgenommen, und gewann durch die zunehmende Nähe des Kometen bald so sehr an Deutlichkeit, dass sie schon mit sehr schwachen Fernröhren gesehen werden konnte. Der hellere der beiden Nebel stand etwas südlicher und folgte dem schwächeren in Rectascension. Bei beiden war eine Spur von Schweifen deutlich zu erkennen, deren Richtung senkrecht gegen die Verbindungslinie der beiden Kometenköpfe stand. Das Ganze bot ungefähr einen Anblick dar, wie Fig. 85 ihn zeigt, wo *AB* die Richtung des Declina-

Fig. 85.



tionskreises, *CD* des Parallelkreises, durch den helleren Kometen gezogen, angibt. Ungünstiges Wetter und der Vollmond verhinderten Ende Januar und Anfangs Februar die Beobachtungen auf den meisten Sternwarten. Desto mehr überrascht musste man sein, als gegen die Mitte des Februar der schwächere Kern in einem viel rascheren Verhältnisse als der hellere an Licht zugenommen hatte, und diesen endlich an Helligkeit sogar übertraf. Am 12. Februar schätzten Plantamour und Bruderer beide Kerne als gleich lichtstark, und an diesem Tage scheint die Hauptentwicklung des zweiten, bisher schwächer gewesenen Kernes vor sich gegangen zu sein. Am 14. Februar war der südlich nachfolgende schon entschieden der schwächere. Dieser Wechsel dauerte indessen nicht lange, indem am 18. Februar das alte Verhältniss ziemlich wieder hergestellt und der südliche Kern der hellere war, der zugleich gegen die Mitte zu eine bedeutend stärkere Concentration der Masse zeigte als vorher. Ueberhaupt waren die Veränderungen in der Ausdehnung beider Nebel während der ganzen Zeit höchst beträchtlich.

Bei der Sichtbarkeit des Kometen im Jahr 1852 zeigten sich dieselben merkwürdigen Erscheinungen. Leider war die Stellung des Kometen am Himmel den Beobachtungen minder günstig, indem er nur kurz vor der Morgendämmerung zu sehen war. Am 25. August sah Secchi den Kometen zuerst einfach, am 16. September fand er den zweiten Kern in unerwartet grossem Abstande vom ersten. Bezeichnet man den zuerst wieder aufgefundenen Kopf mit *I*, den zweiten (nördlich vorangehenden) mit *II*, so hat man nach d'Arrest folgende Elemente:

	I.	*II.*	
Perihelzeit	1852, Sept. 22.98282	23.74876	mittl. Berl. Z.
Länge des Perihels	108° 58′ 17″	109° 5′ 20″	mittl. Aeq. 1852.0
„ „ Knotens	245 53 29	245 49 34	
Neigung	12 33 50	12 33 28	
Halbe grosse Axe .	3.5287333	3.5137498	
Excentricität . .	0.7561187	0.7552007	

Die innige Beziehung zwischen beiden Componenten zeigte sich ganz deutlich aus dem gegenseitigen Lichtwechsel. Secchi und O. Struve fanden:

September 15. *I* viel schwächer als *II*.
„ 17. *I* gleich *II*.
„ 19. *I* heller als *II*.
„ 20. *I* nahe gleich *II*.
„ 23. *I* erheblich schwächer als *II*.
„ 25. *I* bedeutend schwächer als *II*.

Vielleicht gelingt es auch in Zukunft, den Lauf jedes der beiden Köpfe gesondert darzustellen, ohne Hinzunahme einer anderen Kraft als der allgemeinen Gravitation; indessen könnte sich bei Vergleichung verschiedener Sonnennähen mit der Zeit auch die Wirkung einer anderen Kraft offenbaren. Mit obigen Elementen findet d'Arrest den gegenseitigen Abstand beider Kerne in Halbmessern des Erdäquators für den Mittag von Berlin:

1852, August 27.	378.7	Sept. 16.	407.7
„ 31.	386.4	„ 20.	409.7
Sept. 4.	393.4	„ 24.	410.0
„ 8.	399.3	„ 28.	408.5
„ 12.	404.1		

Die gegenseitige Entfernung beider Köpfe war also im Jahr 1852 am grössten um die Zeit des Periheldurchganges (Sept. 23.). Dasselbe fand bei der Sichtbarkeit von 1846 statt, wie schon früher Hubbard und d'Arrest bemerkt hatten. Es war nämlich wieder in Aequatorialhalbmessern der Erde und für den Berliner Mittag der betreffenden Tage die wechselseitige Distanz beider Kerne:

1846, Jänner 14.	44.64	Februar 23.	48.34
„ 19.	45.87	„ 28.	48.08
„ 24.	47.00	März 5.	47.78
„ 29.	47.81	„ 10.	46.31
Februar 3.	48.29	„ 15.	45.41
„ 8.	48.53	„ 20.	44.46
„ 13.	48.63	„ 25.	43.48
„ 18.	48.63		

Durch das Perihel war der Komet damals gegangen am 11. Februar. D'Arrest hebt mit Recht hervor, dass man ein wiederholtes Zusammentreffen des grössten Abstandes zwischen beiden Kernen mit den Periheldurchgängen kaum für ein zufälliges wird erklären wollen. Ohne nun an diese, wie es scheint, jetzt schon ziemlich feststehende Thatsache Betrachtungen über die abstossende Kraft der Kerne, die im Perihel am grössten wäre, zu knüpfen, erinnert man sich doch unwillkürlich an die Erscheinungen geschweifter Kometen, bei welchen auch die Abstossung, welche von Seiten des Kernes auf die Schweiftheilchen geübt zu werden scheint, in der Sonnennähe ihr Maximum erreicht.

Im Jahr 1859, der letzten Rückkehr des Kometen zur Sonne, konnte derselbe nicht wahrgenommen werden. Beiläufig sei bemerkt, dass diese Wiederkünfte zur Sonne ähnlich wie beim Encke'schen Kometen (§. 159) auch beim Biela'schen bisher jedesmal früher erfolgten, als die Rechnung ergeben hatte. Aus der Erscheinung von 1846 folgte nach Plantamour die nächste Sonnennähe am 25. September 1852 um 6^h Berliner Zeit, während dieselbe im Mittel aus beiden Kernen am 23. September um 9^h wirklich stattfand.

Die Art der Entwicklung des neuen Kernes zu erklären, bietet grosse Schwierigkeiten dar. Man kann nicht leicht annehmen, dass der neue Kern einen Theil der Masse des alten in sich aufgenommen, und sich dadurch gebildet und vergrössert habe; unter dieser Voraussetzung hätte sich die Lichtstärke des alten um den ganzen Betrag vermindern müssen, der durch den Abfluss der leuchtenden Materie nach dem neuen Kerne hin auf diesen überging und zur Vermehrung seiner Helligkeit beitrug, was, wir wir aus Obigem wissen, keineswegs stattfand. Auch war, wie Plantamour und O. Struve bemerkten, der Raum zwischen den beiden Kernen vollkommen schwarz, ein Beweis, dass es der dunkle Himmel war, und dass kein Ueberströmen der leuchtenden Materie stattfand. Man muss also die Ursache dieses Lichtwechsels in einer verstärkten Entwicklung des eigenen Lichtes, oder in einer Modifikation der Molekularverhältnisse des Kometen suchen, wodurch sein Reflexionsvermögen erhöht wurde. Ja es ist sogar wahrscheinlich, dass der Komet auch bei seinen früheren Erscheinungen doppelt war, und dass er nur wegen der Lichtschwäche des einen Kernes einfach gesehen wurde, während die letzten Erscheinungen zugleich in das Maximum der Helligkeit des zweiten Kernes fielen. Dem entgegen kommt jedoch wieder zu erwähnen, dass Hind vor der Trennung eine Protuberanz des Hauptkernes gegen die Seite hin wahrnahm, wo später der zweite Kopf erschien, so wie dass Maury einen Zusammenhang der beiderseitigen Nebelhüllen erkannt haben will.

Was die Periode des Lichtwechsels betrifft, so lässt sie sich aus den bisherigen Angaben über die Aenderung der Lichtstärke nicht mit Bestimmtheit feststellen, ist aber jedenfalls ziemlich gross. Ihre Dauer näher zu bestimmen, wird die Aufgabe der Astronomen bei den künftigen Erscheinungen des Kometen sein. Wie es sich aber auch mit der Entstehung des zweiten Kernes verhalten mag, so muss der Biela'sche Komet gegenwärtig jedenfalls als ein Doppelgestirn angesehen werden; und wenn man voraussetzt, dass die Materie des Kometen dieselbe gegenseitige Anziehungskraft äussert, welche wir bei den Planeten und allen übrigen Himmelskörpern bemerken, so wird jeder der beiden Kerne

eine Bewegung um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt zeigen, so dass die Curve, die der Komet um die Sonne beschreibt, nicht mehr eine Ellipse, sondern eine epicykloidische Linie wäre. Berücksichtigt man aber die ausserordentliche Kleinheit der Kometenmassen, so wird man auf die Vermuthung geleitet, dass der Weg, den jeder der Kerne während der Dauer der Sichtbarkeit zurückgelegt hat, nur unbedeutend von derjenigen Bahn abweichen dürfte, die er beschrieben hätte, wenn er allein da wäre. In der That stimmt obige, auf diese Ansicht gegründete Rechnung d'Arrest's, so wie eine ähnliche frühere Elementenbestimmung Plantamour's, vollkommen mit den Beobachtungen.

Uebrigens steht das Phänomen der Duplicität des Biela'schen Kometen nicht mehr ganz isolirt da; E. Liais entdeckte in Olinda (Brasilien) am 26. Februar 1860 einen Kometen, der ebenfalls aus zwei getrennten Nebeln bestand. Vielleicht stehen mit dieser merkwürdigen Erscheinung die mehrfachen Kerne in Verbindung, welche man schon durch Cysat und Wendelin an dem Kometen von 1618, so wie durch Hevel an dem Kometen von 1652 kannte, und neuerer Zeit an solchen Gestirnen häufig beobachtet hat z. B. am III. Kometen von 1853.

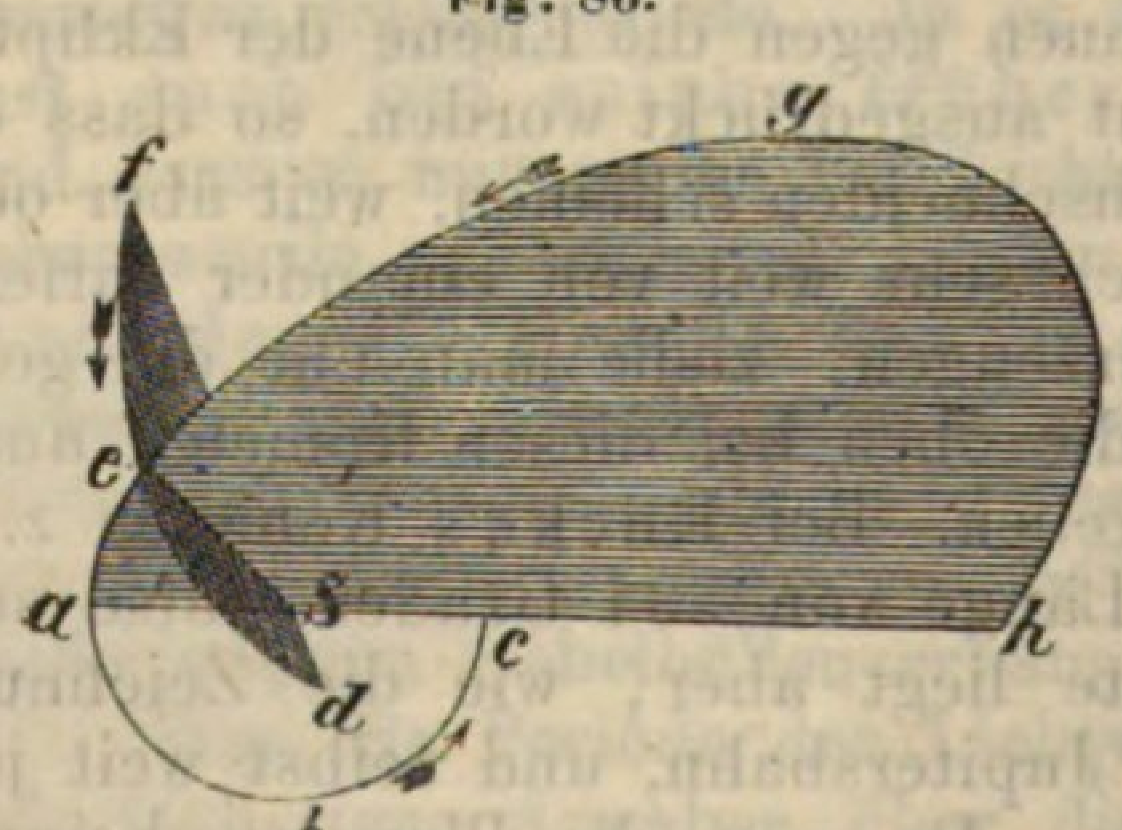
§. 161. (Lage von Biela's Kometenbahn.) Wenn man in der Zeichnung der Tafel *IX.*, in welcher alle vier bisher erwähnten Kometenbahnen sammt jenen der Planeten dargestellt sind, die Lage zweier Planetenbahnen, z. B. die des Jupiter und der Erde mit einander vergleicht, so sieht man auf den ersten Blick, dass diese beiden Bahnen in allen ihren Punkten sehr weit von einander entfernt sind, und dass daher eine Begegnung oder auch nur eine starke Annäherung dieser beiden Planeten für alle künftigen Zeiten ganz unmöglich ist, so lange nicht eine oder beide Bahnen eine völlige Aenderung erleiden. Eben so verhalten sich auch die meisten Kometenbahnen unter sich sowohl, als auch gegen die Planetenbahnen. Noch vor wenig Jahren kannte man keine einzige Kometenbahn, welche der eines andern Planeten oder Kometen so nahe käme, dass man einen Durchschnitt beider Bahnen annehmen könnte. Zwar scheint es in derselben Zeichnung, als ob die erwähnten vier Kometenbahnen mehrere Planetenbahnen durchschnitten. Aber in der Zeichnung ist die Neigung dieser Bahnen gegen die Ebene der Ekliptik, der grösseren Einfachheit wegen, nicht ausgedrückt worden, so dass die Linien, welche hier einander zu durchschneiden scheinen, weit über oder unter einander liegen, und daher auch sehr weit von einander entfernt sein können. Um sich davon zu überzeugen, ziehe man nur die geraden Linien durch die Sonne, welche die oben bei diesen Kometen angezeigten Knotenlinien ihrer Bahnen angeben. Bei Encke's Kometen z. B. fällt der aufsteigende Knoten in die Länge von 334 Graden, also sehr nahe in sein Aphelium. Dieses letzte liegt aber, wie die Zeichnung zeigt, mitten zwischen der Mars- und Jupitersbahn, und selbst weit jenseits von den Bahnen der Asteroiden. Da nun die Planeten beinahe alle sich nahe in der Ebene der Ekliptik bewegen, so kann ein Komet denselben im Allgemeinen nur dann nahe kommen, wenn sein Knoten, der ebenfalls in der Ekliptik liegen muss, der Planetenbahn nahe liegt. Da diess hier nicht der Fall ist, so kann auch kein Zusammenstossen dieses Kometen mit einem Planeten zu befürchten sein, indem die übrigen Punkte der Bahn, ausser den beiden Knoten, sämmtlich schon zu

weit über oder unter der Planetenbahn liegen. In dem absteigenden Knoten der Bahn des Encke'schen Kometen ist eine solche Annäherung schon eher zu befürchten. Er kommt nämlich in seinem absteigenden Knoten, der nahe in sein Perihelium fällt, wie die Zeichnung zeigt, der Bahn des Merkur sehr nahe. Wenn daher einmal in der Folge der Zeiten der Komet eben durch sein Perihelium geht, während Merkur zugleich in dem diesem Punkte nächsten Theile seiner Bahn sich aufhält, so ist zwar kein Zusammenstossen, aber doch eine beträchtliche Annäherung beider Weltkörper vorauszusehen, und die Astronomen, die dieses schon längst bemerkt haben, wünschen ein solches Ereigniss recht bald zu beobachten, weil sie eben dadurch Gelegenheit zu erhalten hoffen, die noch immer nicht genau bekannte Masse Merkurs durch die Störungen besser zu bestimmen, welche dieser Planet dann auf den ihm so nahen Kometen ausüben wird.

Ganz anders verhält sich aber die Sache mit Biela's Kometenbahn. Zieht man auch hier die Knotenlinie durch die Sonne, die nach dem Vorhergehenden, durch die beiden Punkte 71° und 251° der Länge geht, so sieht man, dass der absteigende Knoten dieser Bahn, der in die Länge von 71 Graden fällt, sehr nahe an der Erdbahn liegt. Daraus folgt, dass dieser Komet der Erde selbst sehr nahe kommen kann, wenn er nämlich zu derselben Zeit durch seinen absteigenden Knoten geht, während welcher die Erde in demjenigen Theile ihrer Bahn sich aufhält, der diesem Knoten so ungemein nahe liegt. Es fehlte, wie die Zeichnung, und noch genauer die Rechnung zeigt, nicht viel, dass in diesem Punkte beide Bahnen einander schneiden. Wenn daher einmal der Komet und die Erde zu gleicher Zeit in diesem ihren beiden Bahnen gemeinschaftlichen Punkte eintreffen sollten, so würden sie sich daselbst begegnen, sie würden an einander stossen können, und die Folgen eines solchen Confliktes, ja schon die einer sehr starken Annäherung, würden vielleicht für uns nicht die erfreulichsten sein.

Um diess noch besser zu übersehen, hat man in Fig. 86 die Bahn der Erde *abc*, die des Encke'schen Kometen *def*, und endlich die des Biela'schen Kometen *aeg* in ihrer wahren gegenseitigen Lage verzeichnet. Die Brennpunkte aller drei Bahnen liegen in der Sonne *S*. Die beiden Kometenbahnen sind gegen die Ekliptik, welche hier durch die Erdbahn oder durch die Ebene des Papiers dargestellt wird, unter dem Winkel von 13 Graden geneigt, und man sieht von diesen zwei Kometenbahnen in der Zeichnung nur denjenigen Theil, der über der Ebene der Ekliptik liegt; der aufsteigende Knoten der Encke'schen Bahn ist in *f*, der absteigende in *d*, während der aufsteigende Knoten der Biela'schen Bahn in *h* und der absteigende in *a* liegt.

Fig. 86.



Man bemerkt schon beim ersten Blick auf diese Zeichnung, dass die Bahn des Biela'schen Kometen die Erdbahn in ihrem absteigenden Knoten *a* schneidet, und dass daher, wenn in der Folge der Zeiten

dieser Komet und die Erde zu gleicher Zeit in diesem Punkte *a* ankommen sollten; ein Zusammenstoss beider Weltkörper herbeigeführt werden würde. In dem aufsteigenden Knoten *h* der Biela'schen Bahn ist dergleichen offenbar nicht zu besorgen, da dieser Punkt *h* der Kometenbahn sehr weit von allen Punkten der Erdbahn *abc* entfernt ist. Dasselbe gilt auch von den beiden Knoten *d* und *f* der Encke'schen Bahn, von welcher der eine *d* wohl innerhalb der Erdbahn, aber doch auch, so wie der andere *f*, immer sehr weit von der Peripherie *abc* der Erdbahn absteht.

Allein nicht bloss mit der Erde kann der Biela'sche Komet einmal zusammentreffen, sondern auch, wie die Zeichnung zeigt, mit dem Encke'schen Kometen. Diese beiden Kometenbahnen schneiden sich nämlich in dem Punkte *e*, der beiden Bahnen gemeinschaftlich ist. Wenn man auf die oben angeführten Elemente dieser beiden Kometenbahnen die Rechnung anwendet, so findet man für die gemeinschaftliche Durchschnittslinie *Se* dieser zwei Bahnen den Winkel $dSe = 47^0\ 15'.9$ und $hSe = 132^0\ 2'.4$. Daraus folgt, dass die Entfernung dieser beiden Kometen von der Sonne, wenn sie durch jenen gemeinschaftlichen Punkt *e* gehen, für den Encke'schen 1.599 und für den Biela'schen 1.532 Halbmesser der Erdbahn beträgt. Eine geringe Veränderung dieser Elemente, wie sie durch die Störungen der benachbarten Planeten leicht herbeigeführt werden kann, würde diese beiden ohnehin schon nahe gleichen Entfernungen völlig gleich und dadurch ein Zusammenstossen derselben möglich machen. Der Punkt des Himmels, in welchem diese Begegnung der zwei Kometen stattfinden kann, hat, von der Sonne aus gesehen, die Länge $21^0.0$ und die nördliche Breite $9^0.8$ und er ist von dem ihm nächsten Punkte der Erdbahn nur 0.655 Halbmesser dieser Bahn oder nur 15300 Erdhalbmesser entfernt, so dass unsere Nachkommen, wenn jene Begegnung der beiden Kometen um die Mitte des Oktobers sich ereignen sollte, das seltene, ja bisher noch nie gesehene Schauspiel der gegenseitigen Zerstörung solcher Himmelskörper erblicken würden.

§. 162. (Starke Annäherung des Biela'schen Kometen zur Erdbahn im Jahr 1832.) Aber so interessant auch ein solches Schauspiel sein mag, so ist doch der Conflikt des Biela'schen Kometen mit unserer eigenen Erde für uns und unser eigenes Interesse zu wichtig, als dass wir uns nicht vorzugsweise mit diesem letzten beschäftigen und vor Allem zusehen sollten, was wir für uns selbst von ihm zu fürchten haben.

Dieser fatale Komet war schon im Jahre 1826 der Erdbahn ziemlich nahe gekommen, indem er nur etwa doppelt so weit als der Mond von derselben abstand. Allein am 29. Oktober 1832 war dieser Komet nur mehr $2\frac{1}{3}$ Erddurchmesser oder dreizehnmal weniger als der Mond von der Erdbahn entfernt und vielleicht noch bedeutend weniger, da die Elemente desselben noch keineswegs so genau bekannt sind, um diese Distanz mit grosser Schärfe angeben zu können. — Von der Erdbahn, sagen wir, aber nicht von der Erde selbst, welche letzte zu jener Zeit noch sehr weit von dem Punkte ihrer Bahn, wo der Komet dieser Bahn am nächsten kam, und zwar über dreizehn Millionen Meilen entfernt war. Eine solche Zusammenkunft der Erde selbst mit dem Kometen kann immer nur, wenn sie sich je ereignen sollte, in den letzten Tagen des Novembers statthaben, und zu dieser Zeit war im Jahr 1832 der Komet schon wieder der Erde sehr weit vorausgeeilt. Die

Furcht, welche sich damals vor diesem Kometen verbreitete, war daher durchaus grundlos, wie auch der Erfolg zeigte.

Ueberhaupt ist ein solches Zusammentreffen dieses Kometen mit der Erde nur in solchen Jahren möglich, wo der Komet erst in den letzten Tagen des Decembers durch sein Perihelium geht. Diess geschieht aber nicht während dem ganzen Laufe des gegenwärtigen Jahrhunderts. Erst im Jahr 1933 fällt das Perihel des Kometen auf den letzten, und im Jahr 2115 auf den 26. December, allein dann können die Aenderungen und Störungen, welche seine Bahn in einer so langen Zwischenzeit erlitten hat, leicht alle Gefahr für die Erde vermindert oder auch wohl ganz entfernt haben. Da übrigens nicht nur die ganze Nebelhülle, sondern selbst der sehr kleine Kern desselben nur ein mattes Licht hat und sehr schlecht begrenzt ist, so scheint der ganze Körper dieses Kometen aus einem noch leichteren Gewebe zu bestehen, als schon bei diesen Gestirnen gewöhnlich, so dass wir ein Zusammentreffen mit demselben vielleicht nicht einmal bemerken würden. Von dem Schweife aber und den verderblichen Dünsten desselben, von welchen man uns, man weiss nicht welche schädlichen Folgen, vorerzählt hatte, haben wir nicht viel zu fürchten, aus dem einfachen, aber hier wohl hinreichenden Grunde, weil er beinahe keinen Schweif hat.

§. 163. (Was hat die Erde überhaupt von den Kometen zu befürchten?) Aber wenn wir nun auch der Besorgniss vor diesem Kometen überhoben sein sollten, was haben wir von den andern zu hoffen oder zu fürchten? Ihrer sind, wie wir oben gesehen haben, sehr viele, und sie schwärmen in allen Richtungen um die Erde herum, ja wir kennen jetzt mehrere, deren Bahnen nahezu ebenso bedenkliche Lage haben, wie die des Biela'schen Kometen. Wie leicht wäre es da möglich, dass einer derselben der Erde begegnete, und dass er dann, wenn seine Masse beträchtlich ist, grosse Verwüstungen auf ihr erzeugen, ja am Ende die ganze Erde selbst zerstören, oder mit sich in die ungemessenen Räume des Himmels fortreissen könnte. Wenn ein solcher, der Erde begegnender Komet, oder wenn auch nur sein Kern eine feste Masse und von einer, in Beziehung auf unsere Erde, beträchtlichen Grösse sein sollte, so muss man allerdings gestehen, dass ein Zusammenstossen desselben mit der Erde für uns sehr verderbliche Folgen haben dürfte, besonders wenn die beiden Körper sich in entgegengesetzten Richtungen begegnen, und wenn die Richtungen ihres Stosses auf ihre Oberfläche nahe senkrecht stehen sollten.

Hören wir, was Laplace, einer der grössten Geometer unserer Zeit, über die Folgen eines solchen Zusammentreffens sagt: »Dem Schrecken, welchen früher die Erscheinung eines Kometen in abergläubischen Gemüthern verbreitete, folgte in unsern Tagen die Besorgniss, dass einer dieser zahllosen Himmelskörper, welche in allen Richtungen das Planetensystem durchkreuzen, an die Erde stossen und die Lage ihrer Axe verändern möchte. Es ist nicht schwer, sich die Folgen eines solchen Zusammenstosses vorzustellen. — Die Axe und die Umlaufszeit der Erde (die Länge des Tages) würden eine Aenderung erleiden; die Meere würden ihr altes Lager verlassen, um sich gegen den neuen Aequator hinzustürzen; ein grosser Theil der Menschen und Thiere würden in dieser allgemeinen Wasserfluth oder auch durch den heftigen Stoss, den die Erde erhalten hat, zu Grunde gehen; ganze Ge-

schlechter von lebenden Wesen würden ihren Untergang finden; alle Denkmäler des menschlichen Fleisses und Kunstsinnes würden vernichtet werden u. s. f.«

Dieses Gemälde ist finster genug, aber nicht übertrieben. — Wer von uns hat nicht schon selbst die Erfahrung gemacht, dass man, in einem schnell fahrenden Wagen, wenn die Pferde plötzlich stille stehen, oder wenn der Wagen an ein nicht zu überwindendes Hinderniss stösst, von seinem Sitze gleichsam vorwärts geworfen wird, und zwar desto heftiger, je grösser die Geschwindigkeit des Wagens war, die durch jenes Hinderniss aufgehoben oder gestört wurde. Ganz dieselbe Erfahrung, nur in einem viel grösseren Massstabe, würden wir auch zu machen Gelegenheit haben, wenn wir einmal mit einem Kometen zusammenstossen sollten. Unsere Erde ist in der That einem Wagen zu vergleichen, in welchem wir alle um die Sonne herum fahren, und zwar mit einer so grossen Schnelligkeit, dass wir in jeder Stunde gegen 15000 Meilen, also 160mal mehr als eine Kanonenkugel zurücklegen, wenn sie eben aus der Mündung des Geschützes tritt. Wenn nun diese Erde an einen Kometen von solider Masse anstossen sollte, so würden wir und Alles, was in dem grossen Wagen Bewegliches ist, die Gewässer der Flüsse und Meere, unsere Häuser selbst und unsere Felsen gegen den gestossenen Punkt der Erde hinstürzen und gleichsam vorwärts fallen; der ganze Ocean würde sein Gestade verlassen und von allen Seiten an jenen Ort hineilen, auf seinem Wege alle Menschen und Thiere verschlingen, unsere Städte und Wälder niederreissen, alle Länder überschwemmen und selbst die höchsten Gegenden mit seinen schäumenden Fluthen bedecken. Die wahrhaft grässlichen Folgen einer solchen Katastrophe mögen die Leser sich selbst zu schildern suchen.

§. 164. (Gründe gegen diese Besorgnisse.) Alle die fürchterlichen Ereignisse, denen wir entgegen gehen sollen, beruhen indess auf der Voraussetzung, dass der Komet, welcher die Erde treffen werde, ein dichter, fester und in Beziehung auf die Erde auch ein beträchtlich grosser Körper sei. Wir haben aber bereits im Vorhergehenden mehr als einmal Gelegenheit gehabt, zu bemerken, dass die Kometen mit grösseren festen Körpern ganz und gar keine Aehnlichkeit zu haben scheinen. Wir sehen sie alle nur als leichte Wolken, als schwache, mattbeleuchtete Dünste, als blosse Luftgebilde, von welchen jene fürchterlichen Folgen abzuleiten durchaus kein Grund vorhanden ist.

Es wurde oben (§. 145) schon bemerkt, dass die Kometen allem Anscheine nach aus discreten, weiter durch kein Medium verbundenen Körperchen bestehen. Wenn dem so ist, so haben wir von der Gewalt des Stosses eben so wenig als etwa von irrespirablen Atmosphären zu fürchten, und können in jedem der unzähligen, im Grossen und Ganzen unschädlichen Meteorsteinfälle das Zusammentreffen mit einem Kometen erblicken.

Kann aber selbst ein Zusammentreffen mit diesen Körpern für uns wahrscheinlich ohne alle verderbliche Folgen statthaben, so wird von einem blossen näheren Vorübergange eines Kometen noch weniger zu besorgen sein, schon aus der Ursache, weil die Bewegung dieser Himmelskörper so äusserst schnell ist, dass sie, selbst wenn sie uns einige Augenblicke sehr nahe kommen können, schon nach wenigen Stunden sehr weit von uns entfernt sein müssen, und dass daher auch ihre Ein-

wirkung auf uns, wegen der ungemein kurzen Dauer ihrer grösseren Anziehung, dadurch sehr verringert werden muss. Ein Komet, dessen kürzeste Entfernung von der Sonne gleich dem Halbmesser der Erdbahn ist, und der daher in seinem Perihelium die Erde treffen könnte, hat in diesem Punkte seiner Bahn eine Geschwindigkeit, die ihn in einer Stunde schon durch 21000 Meilen treiben würde, eine Geschwindigkeit, welche die einer Kanonenkugel schon 220mal übertrifft. Aber noch viel grösser ist, wie wir schon oben gesehen haben, die Geschwindigkeit mancher anderen Kometen, die in ihrem Perihelium der Sonne viel näher kommen.

Uebrigens sind jetzt mehrere Kometen bekannt, deren Bahnen sich der Erdbahn sehr nähern, z. B. der I. Komet von 1861, der II., III. und VI. von 1862. Offenbar ist dieser Fall nicht so selten, wie man bisher glaubte, und das ehemals so gefürchtete Zusammentreffen unseres Planeten mit solchen Himmelskörpern vielleicht schon oft unbemerkt eingetreten.

§. 165. (Der periodische Komet von Faye.) Die Entdeckung dieses Kometen, der gleichfalls zu den für uns interessantesten gehört, fällt auf den 22. November 1843, wo er von Faye in Paris aufgefunden wurde. Er erschien dem bewaffneten Auge als ein kleiner, schwach leuchtender Nebel, jedoch mit sehr merklicher Verdichtung in der Mitte, die bei schwacher Vergrösserung fast das Ansehen eines planetarischen Kernes darbot; aber schon bei einer etwa 200fachen Vergrösserung war von einem eigentlichen Kerne keine Spur zu entdecken, sondern es zeigte sich nur ein allmähliches Hellerwerden der Nebelmasse gegen die Mitte zu, ohne dass jedoch die hellste Stelle genau im Mittelpunkte des Nebels gewesen wäre. Der Schweif war deutlich zu erkennen; seine scheinbare Länge betrug nach O. Struve's Messung (am 19. December) ungefähr 16′, welches mit Rücksicht auf seine damalige Entfernung von der Erde auf eine wirkliche Länge von mehr als 100000 geogr. Meilen schliessen lässt. Struve verfolgte den Kometen bis zum Februar 1844, wo er noch eine schwache Spur von ihm erkennen konnte, und fand während der ganzen Sichtbarkeit seine Gestalt ähnlich der eines ausgebreiteten Fächers.

Die Abnahme der Lichtstärke war eine höchst rasche. O. Struve schätzte um die Mitte des December den Totaleindruck des Kometen gleich dem eines Sternes der 6ten bis 7ten Grösse, und glaubte ihn bisweilen mit blossen Augen unterscheiden zu können, wiewohl andere Beobachter nichts Aehnliches erwähnen; um die Mitte des Februar war er schon so schwach, dass die Beobachtungen an den meisten Sternwarten aufgegeben werden mussten, und nur das gewaltige Pulkowaer Instrument erlaubte es, dieselben noch mehrere Wochen fortzusetzen. Sehr bald zeigte sich aus den Rechnungen, dass die Bahn dieses Kometen eine Ellipse sei, und Goldschmidt, Argelander u. a. fanden in dieser Beziehung sehr übereinstimmende Resultate, nämlich: dass die Ellipse von der Kreisform weniger abweiche, als die irgend eines andern damals bekannten Kometen, und dass die Umlaufszeit nahe 7 Jahre betrage. Sorgfältige, auf eine grössere Anzahl von Beobachtungen gegründete Bahnbestimmungen wurden insbesondere von Goldschmidt und Nikolai, und mit Rücksicht auf die Störungen, die der Komet während seiner Sichtbarkeit von den Planeten des Sonnensystems erlit-

ten, von Le Verrier durchgeführt. Als Resultat seiner Untersuchungen erhielt Letzterer folgende elliptische Bahn:

Zeit des Perihels: 1843, Oktober 17., 3^h 42^m 16^s mittl. Par. Zeit.

Distanz des Perihels	1.6925790		
Halbe grosse Axe	3.8116		
Excentricität	0.5559623		
Länge des Perihels	49°	34′	19″
Länge des Knotens	209	29	19
Neigung	11	22	31

Heliocentrische Bewegung direkt.

Die Umlaufszeit ist nach diesen Elementen 2718 Tage oder 7 Jahre und 5½ Monate.

Aus den Wiederkünften dieses Kometen in den Jahren 1851 und 1858 hat Axel Möller eine Verkürzung der Umlaufszeit gefunden, die Encke's Hypothese eines widerstehenden, das Universum erfüllenden Mittels (§. 159) bestätigte.

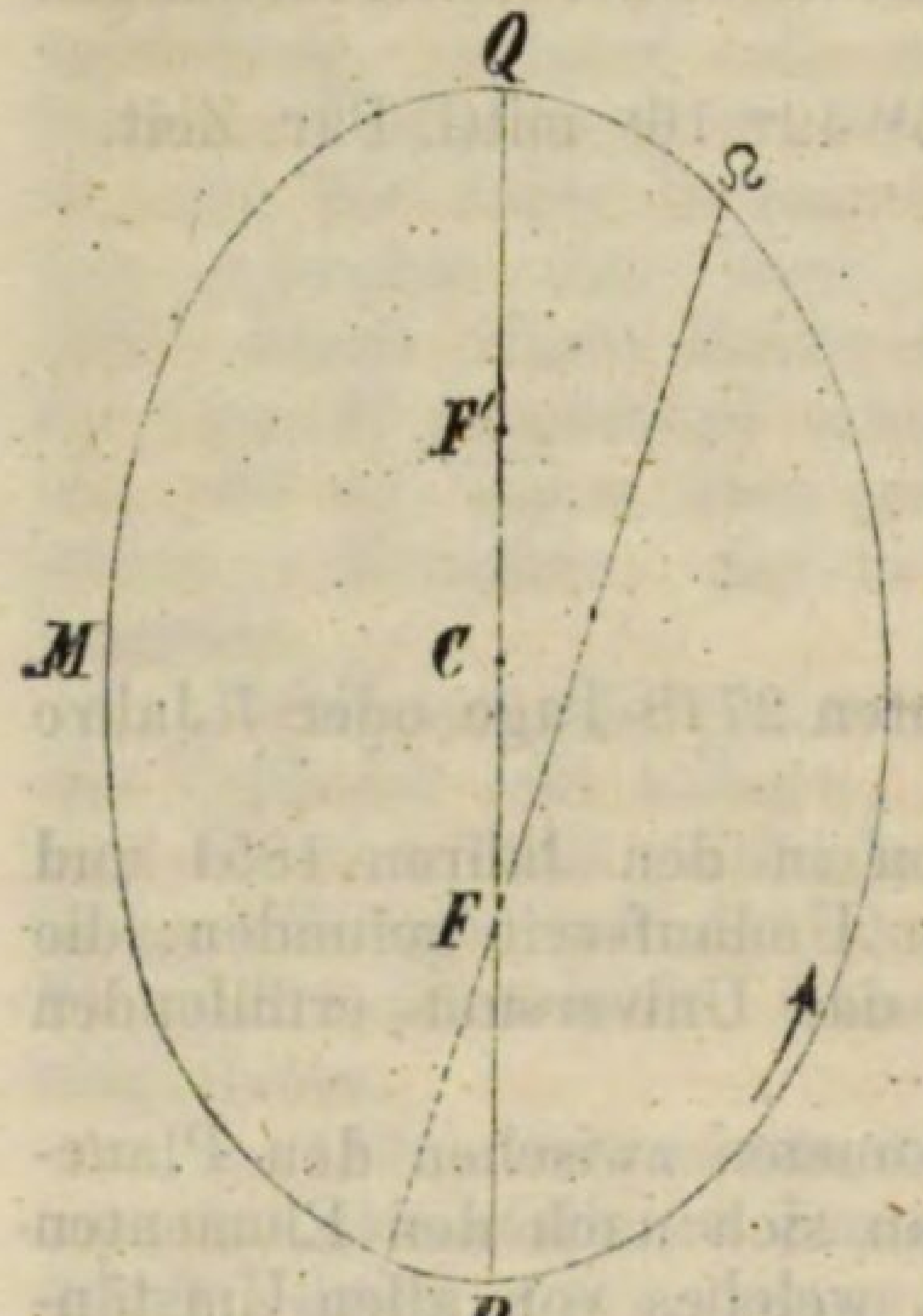
Um zu sehen, wie die Bahn dieses Kometen zwischen den Planetenbahnen liegt, werden wir zeigen, wie man sich nach den Elementen ein kleines Modell der Bahn entwerfen kann, welches von allen Umständen der Bewegung eine beiläufige Uebersicht gibt. Zu diesem Ende zeichnen wir uns auf starkem Papier die Erdbahn, die man hiebei füglich als einen Kreis ansehen kann. Den Massstab wird man beliebig wählen, z. B. so, dass der Halbmesser der Erdbahn gleich 1 Zoll wird. Fig. 87 stelle diesen Kreis vor. Durch seinen Mittelpunkt *S*, also den Ort der Sonne, ziehen wir eine beliebige Gerade, welche die Peripherie der Erdbahn in *A* und *B* trifft, und welche über *B* hinaus bis an den Himmel verlängert, zum Frühlingspunkte ♈ gehen soll. Theilt man dann die Peripherie der Erdbahn in 12 gleiche Theile, und schreibt an die 12 Theilungspunkte die Tage, welche die Figur zeigt, so dass auf *A* der 21. März fällt, weil man an diesem Tage die Sonne im Frühlingspunkte sieht, so hat man ein genähertes Bild der Bewegung der Erde um die Sonne. So wie die Erdbahn, kann man sich auch die Kometenbahn zeichnen, welches folgendermassen geschieht: Man ziehe Fig. 88 eine gerade Linie *PQ*, welche die grosse Axe der Ellipse werden soll. Sie muss für unseren Kometen eine Länge von zweimal 3.8116 Zoll oder von 7.6232 Zoll erhalten. Halbirt man sie in *C*, und trägt von *C* nach *F* und nach *F′* die Länge

Fig. 87.



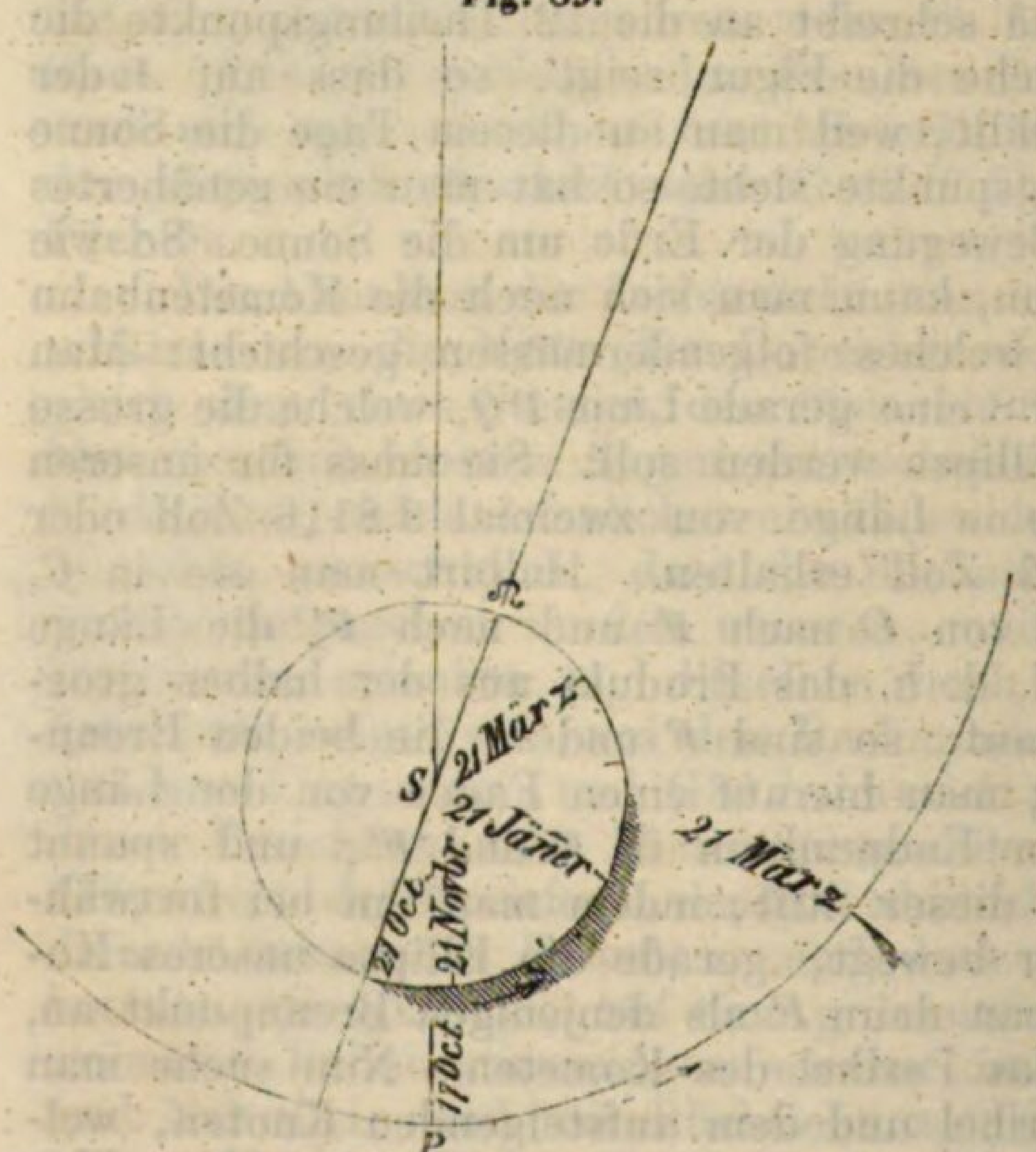
3.8116 × 0.556 = 2.119 Zoll, d. h. das Produkt aus der halben grossen Axe in die Excentricität auf, so sind *F* und *F′* die beiden Brennpunkte der Ellipse. Befestigt man hierauf einen Faden von der Länge 7.6232 Zoll mit seinen beiden Endpunkten in *F* und *F′*, und spannt ihn mit einem Stifte, so wird dieser Stift, indem man ihn bei fortwährend gespanntem Faden weiter bewegt, gerade die Ellipse unseres Kometen beschreiben. Nimmt man dann *F* als denjenigen Brennpunkt an, wo die Sonne ist, so ist *P* das Perihel des Kometen. Nun suche man den Winkel zwischen dem Perihel und dem aufsteigenden Knoten, welcher offenbar gleich ist der Länge des Perihels weniger der Länge des

Fig. 88.



Knotens, in unserm Falle also 49° 34′ 19″ weniger 209° 29′ 19″, d. h. 200° 5′ 0″ und ziehe durch *F* eine Linie *F*☊, welche mit *FP* (im entgegengesetzten Sinne des Pfeiles gezählt) einen Winkel *PF*☊ = 200° 5′ 0″ bildet, so wird diese Linie die Durchschnittslinie der Kometenbahn mit der Erdbahn sein. Zugleich ziehe man in der Erdbahn Fig. 87 die Linie *S*☊, welche mit *S*♈ im Sinne des Pfeiles gerechnet, einen Winkel bildet, der gleich ist der Länge des aufsteigenden Knotens, also gleich 209° 29′ 19″, so wird die Linie *S*☊ gleichfalls die Durchschnittslinie von Erdbahn und Kometenbahn sein. Schneidet man dann die Kometenbahn vom Punkte ☊ bis *F* und ebenso die Erdbahn in der verlängerten Linie ☊*S* von *D* bis *S* durch, und steckt beide in der Richtung der Schnitte in einander, so dass der Punkt *F* und die Linie *F*☊ in Fig. 88, beziehungsweise auf den Punkt *S* und die Linie *S*☊ in Fig. 87 und zugleich der Theil ☊*QM* der Kometenbahn oberhalb der Erdbahn zu liegen kommt, so haben mit Ausnahme der Neigung beide Bahnen die der Natur entsprechende gegenseitige Lage. Stellt man also noch die gehörige Neigung von 11° 22′ 31″ her, so hat man ein getreues Bild der Kometenbahn. Die Richtung der beiden Pfeile gibt zugleich die Richtung der Bewegung, sowohl der Erde als des Kometen an. Denkt man sich das Auge in der Senkrechten, welche in der Sonne auf die Ekliptik errichtet wird, so stellt sich demselben das Modell beiläufig so dar, wie Fig. 89 es zeigt. Man sieht hier sehr deutlich, dass der Komet in der Nähe des Perihels der Erde ziemlich am nächsten war; dass er ihr nie näher kommen kann, als etwa die Hälfte ihrer Entfernung von der Sonne beträgt. Man sieht ferner, wie rasch er sich vom Januar an von der Erde entfernte, und wie schnell, da zugleich die Entfernung von der Sonne bedeutend im Zunehmen begriffen war, seine Lichtstärke abnehmen musste. Endlich sieht man auch den Grund der langen Sichtbarkeit ein; Erde und Sonne bewegten sich nämlich beide in demselben Sinne und fast

Fig. 89.



parallel zu einander vorwärts, und diess zwar vom October bis Januar. Vom Januar wandte sich aber die Erde seitwärts ab vom Kometen, und rückte endlich im März und April fast senkrecht gegen die Richtung seiner Bewegung sehr schnell von ihm weg, daher auch seiner Sichtbarkeit hier alsbald ein Ziel gesetzt ward.

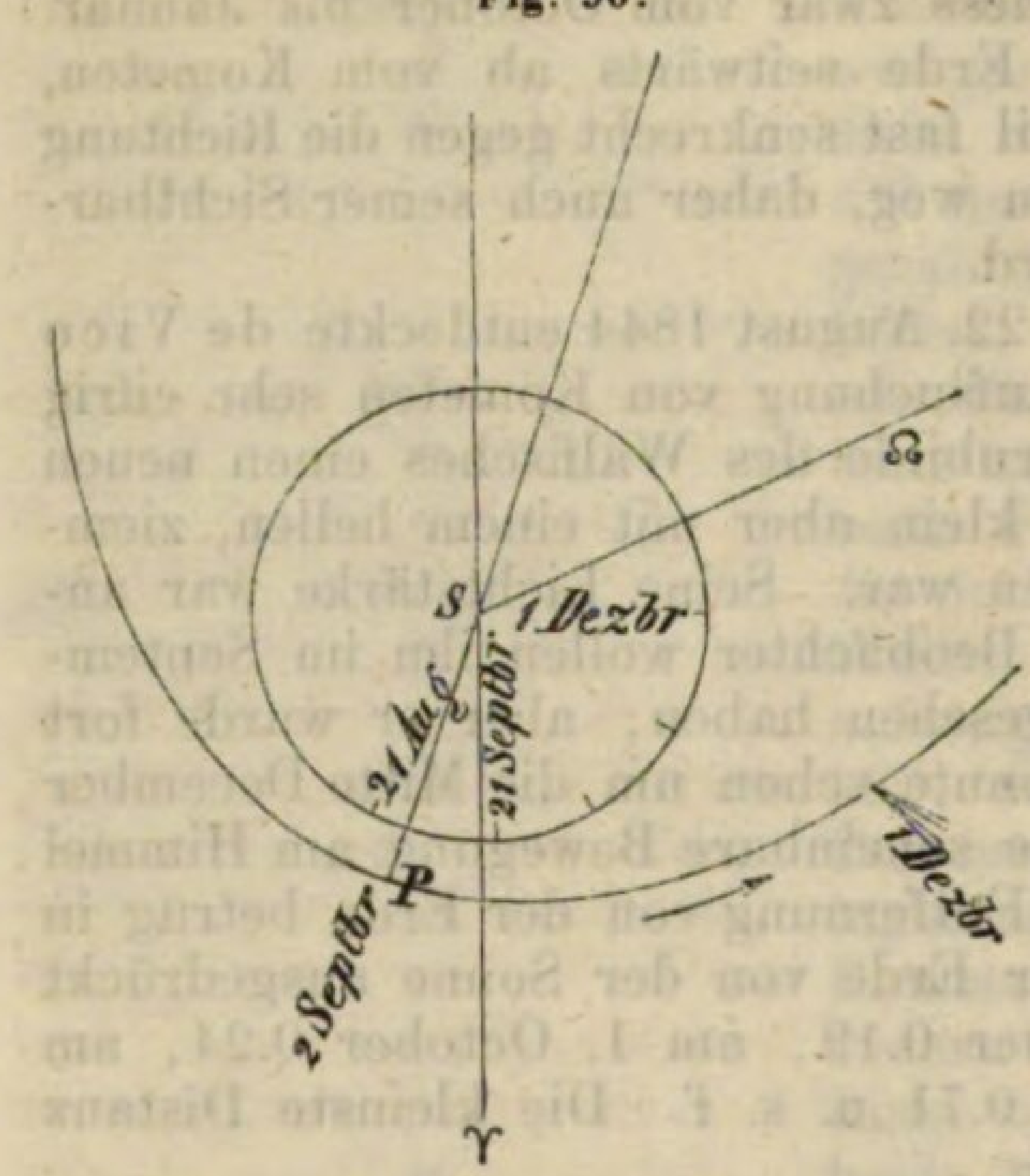
§. 166. (Komet de Vico 1844 etc.) Am 22. August 1844 entdeckte de Vico in Rom, der sich damals mit der Aufsuchung von Kometen sehr eifrig und mit Glück beschäftigte, im Sternbilde des Walfisches einen neuen Himmelskörper dieser Art, der zwar klein aber mit einem hellen, ziemlich scharf begrenzten Kerne versehen war. Seine Lichtstärke war anfangs nicht unbedeutend, und einige Beobachter wollen ihn im September sogar mit unbewaffnetem Auge gesehen haben; aber er wurde fort und fort schwächer an Licht, und konnte schon um die Mitte December nicht mehr beobachtet werden. Seine scheinbare Bewegung am Himmel war langsam und regelmässig; seine Entfernung von der Erde betrug in Theilen der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne ausgedrückt am 22. August 0.20, am 1. September 0.19, am 1. October 0.24, am 1. November 0.39, am 1. December 0.71 u. s. f. Die kleinste Distanz war also ungefähr 4 Millionen Meilen.

Was diesen Kometen am meisten auszeichnet, ist seine kurze Umlaufszeit. Alle Bemühungen der Astronomen, auf die ersten Beobachtungen, die man von ihm erhalten hatte, eine parabolische Bahn zu gründen, schlugen fehl, und es war also nicht zu zweifeln, dass die wirkliche Bahn sehr von der Parabel abweichen müsse. Goldschmidt, Nikolai, Hind, Faye und andere untersuchten die Bahn näher, und fanden alle eine Ellipse von nahe $5\frac{1}{2}$ Jahren Umlaufszeit und einer Excentricität von etwa $\frac{6}{10}$, eine um so überraschendere Erscheinung, als vor Entdeckung des Kometen von Faye im Jahr 1843 nur zwei Kometen von sehr kleiner Umlaufszeit bekannt waren, nämlich der Encke'sche und der Biela'sche, und nun in einem Zeitraume von Einem Jahre schon ein Zuwachs von zwei neuen hinzukam. Die genauesten elliptischen Elemente sind die von Faye und die von Brünnow. Letzterer berechnete diese Elemente mit Zugrundelegung der Faye'schen, indem er dieselben mit allen vorhandenen Beobachtungen verglich, und zugleich auf die Störungen Rücksicht nahm, welche der Komet während seiner Sichtbarkeit durch die Planeten erlitt. Wir lassen hier Brünnow's Resultate folgen:

Zeit des Perihels 1844, September 2., $11^h\ 31^m\ 57^s$ mittl. Par. Zeit.			
Periheldistanz	1.1863993		
Excentricität	0.6176539		
Länge des Perihels	342°	30′	50″
Länge des Knotens	63	49	0
Neigung	2	54	50
Heliocentrische Bewegung direkt.			

Umlaufszeit 1993 Tage oder 5 Jahre und $5\frac{1}{2}$ Monate. Die halbe grosse Axe ist 3.098. Da die Neigung sehr klein ist, so kann man die Lage der Kometenbahn gegen die Erdbahn sehr gut ohne Modell in einer einfachen Zeichnung darstellen. Fig. 90, welche, verglichen mit Fig. 89, keiner nähern Erläuterung bedarf, leistet dieses ganz genügend. Man sieht aus ihr unmittelbar, wie nahe der Komet der Erde in der Nähe des Perihels P war, und wie rasch diese Entfernung ungefähr vom October

Fig. 90.



an zunahm. Auch hier bewegten sich Erde und Komet, wie es beim Kometen Faye der Fall war, einige Zeit, und zwar vom Juli bis October, ziemlich mit paralleler Richtung in demselben Sinne und mit fast gleicher Geschwindigkeit neben einander fort, und erst im October beginnt eine bedeutende Abweichung in den Richtungen beider. Der Komet ist seit seiner ersten Erscheinung nicht wieder beobachtet, weil er im Jahre 1850 nicht sichtbar und dadurch die Auffindung in den Jahren 1855 und 1860 erschwert wurde. Diesem ganz zufälligen Umstande und nicht wie bei den anderen oben (§. 149) in ähnlicher Weise bezeichneten Kometen der noch nicht völlig festgestellten Rechnung gilt das dortige Fragezeichen.

Ein gleiches Schicksal drohte dem am 26. Februar 1846 von Brorsen in Kiel entdeckten Kometen, wurde aber noch glücklich abgewendet. Nachdem zuerst Brünnow und D'Arrest schon aus siebentägigen Beobachtungen die Ellipticität der Bahn erkannt hatten, hinderte die kurze Sichtbarkeit dieses Himmelskörpers eine genaue Vorausberechnung der nächsten Erscheinung (1851) so sehr, dass derselbe in diesem Jahre nicht wieder gefunden wurde, und erst im Jahre 1857 von Bruhns unabhängig von aller Voraussage neuerdings entdeckt werden musste. Die Elemente wurden mittelst dieser Erscheinung gefunden wie folgt:

Zeit des Perihels 1857, März 29., $5^h\ 35^m\ 59_s$ mittl. Par. Zeit.

Periheldistanz	0.620580		
Excentricität	0.802313		
Länge des Perihels	115°	43′	32″
Länge des Knotens	101	46	29
Neigung	29	48	59

Heliocentrische Bewegung direct. Umlaufszeit 2032 Tage. Halbe grosse Axe 3.139.

Diese Elemente rühren von D'Arrest, aus dessen höchst interessanten Untersuchungen überdiess klar wird, warum wir diesen Kometen trotz seiner kleinen Umlaufszeit vor 1846 nicht gesehen haben. Seine Bahn wurde nämlich erst im Jahre 1842, wo er Jupiter sehr nahe kam, so modificirt, wie es zur Wahrnehmbarkeit des Kometen auf der Erde nöthig war. Aus ähnlicher Ursache wird dieser Komet um die Mitte des künftigen Jahrhunderts für uns wieder verschwinden. Derselbe zeigte übrigens eine weit raschere Abnahme seines Lichtes in Bezug auf seine Entfernung von der Sonne, als andere Gestirne dieser Art. Im Jahre 1862 war er nicht zu sehen.

Der von D'Arrest am 27. Juni 1851 entdeckte Komet ist in vollkommener Bestätigung der Vorausberechnung in dem Jahre 1857 wieder beobachtet worden. Yvon Villarceau hat folgende Elemente bestimmt:

Zeit des Perihels 1857, November 28., 4^h 39^m 19^s mittl. Par. Zeit.
Periheldistanz 1.169990
Excentricität 0.659875
Länge des Perihels 323° 4′ 52″
Länge des Knotens 148 28 46
Neigung 13 56 1
Heliocentrische Bewegung direct. Umlaufszeit 2330 Tage. Halbe grosse Axe 3.440.

Im Jahre 1864 wurde dieser Komet seiner Lichtschwäche wegen, so viel bisher bekannt, nicht wieder gesehen.

§. 167. (Der grosse Komet vom Jahre 1843.) Was sich über die anderen, oben (§. 149) als periodisch aufgeführten Kometen noch sagen liesse, ergibt sich aus jedem Kometenverzeichnisse von selbst, und wir ziehen es daher vor, statt derselben hier einige in anderer Beziehung interessante Gestirne dieser Art zu besprechen, die in unseren Tagen sich zeigten, und an sich so wie durch Anwendung der heutigen optischen Mittel uns mit einer Menge höchst auffallender Erscheinungen bekannt machten. Zunächst wollen wir einen der merkwürdigsten Kometen näher in's Auge fassen, an den sich die meisten Leser wohl noch erinnern werden, nämlich den grossen Kometen vom März 1843. Er gehört zwar nicht in die Reihe derjenigen, die wir bisher ausführlicher besprochen haben, und die alle eine angebbare, zum Theil sehr kurze Umlaufszeit besitzen; aber er bot bei seiner Erscheinung so viele Eigenthümlichkeiten, dass wir ihn an dieser Stelle nicht übergehen können. Um die Mitte des März 1843 zeigte sich in den Abendstunden am westlichen Himmel ein weisser, scharf leuchtender Streifen im Sternbilde des Eridanus, der sich vom Horizonte an fast genau in der Richtung des Aequators aufwärts erstreckte, in einer Länge von mehr als 45°. Schon der Anblick mit unbewaffneten Augen liess kaum einen Zweifel übrig, dass die Erscheinung für den Schweif eines grossen Kometen zu halten sei, und diese Ansicht ward vollkommen bestätigt, indem man mit Hülfe eines Fernrohrs am untern Ende des Schweifes ganz in der Nähe des Horizontes den Kern fand, der sich als ein ziemlich runder, sternähnlicher, aber mit einer Nebelhülle umgebener Fleck darstellte, und eine so bedeutende eigene Bewegung bezüglich der Fixsterne zeigte, dass man über die Natur desselben und seine Beziehung zu jenem Streifen nicht weiter in Ungewissheit bleiben konnte. Sehr bald erhielt man auch nähere Nachrichten darüber von südlich gelegenen Orten, aus denen hervorging, dass die Helligkeit des Kometen früher bedeutend grösser, ja am 28. Februar so ausserordentlich gewesen war, dass er am hellen Tage nicht weit von der Sonne mit freiem Auge gesehen werden konnte. So ward aus Lissabon berichtet, dass der Komet daselbst am 8. März zum ersten Male beobachtet wurde, scheinbar von der Grösse Jupiters. Bowring sah ihn in Mexiko am 28. Februar am hellen Tage; die scheinbare Distanz von der Sonne betrug etwa 4 Grade, die Länge des Schweifes 34 Bogenminuten (offenbar nur der hellste, bei Tage sichtbare Theil desselben in der Nähe des Kernes). An den folgenden Tagen sah er nichts bis zum 8. März, wo sich nach Sonnenuntergang der Schweif in einer Länge von 35° vom Horizont an über den Himmel ausdehnte. Der Kern war schon untergegangen. In Port-

land beobachtete Clarke, gleichfalls am 28. Februar, seine Kulmination nur wenige Minuten nach der Kulmination der Sonne.

Das äussere Ansehen des Kometen war ein sehr merkwürdiges. Insbesondere auffallend war die ungewöhnliche Grösse des Schweifes im Verhältnisse zur Unscheinbarkeit des Kernes, so dass es schien, als habe der Kern den grössten Theil seiner eigenen Materie zur Bildung des Lichtschweifes verwendet. Die Dimensionen des Schweifes wurden von verschiedenen Beobachtern gemessen, und wiewohl derlei Messungen wegen der Unbestimmtheit der Begrenzung und der ausserordentlichen Abhängigkeit von der Reinheit des Himmels nur als Schätzungen angesehen werden können, so geben sie doch eine beiläufige Vorstellung von den Veränderungen und der allmählichen Abnahme der Erscheinung. Wir führen hier einige dieser Messungen an.

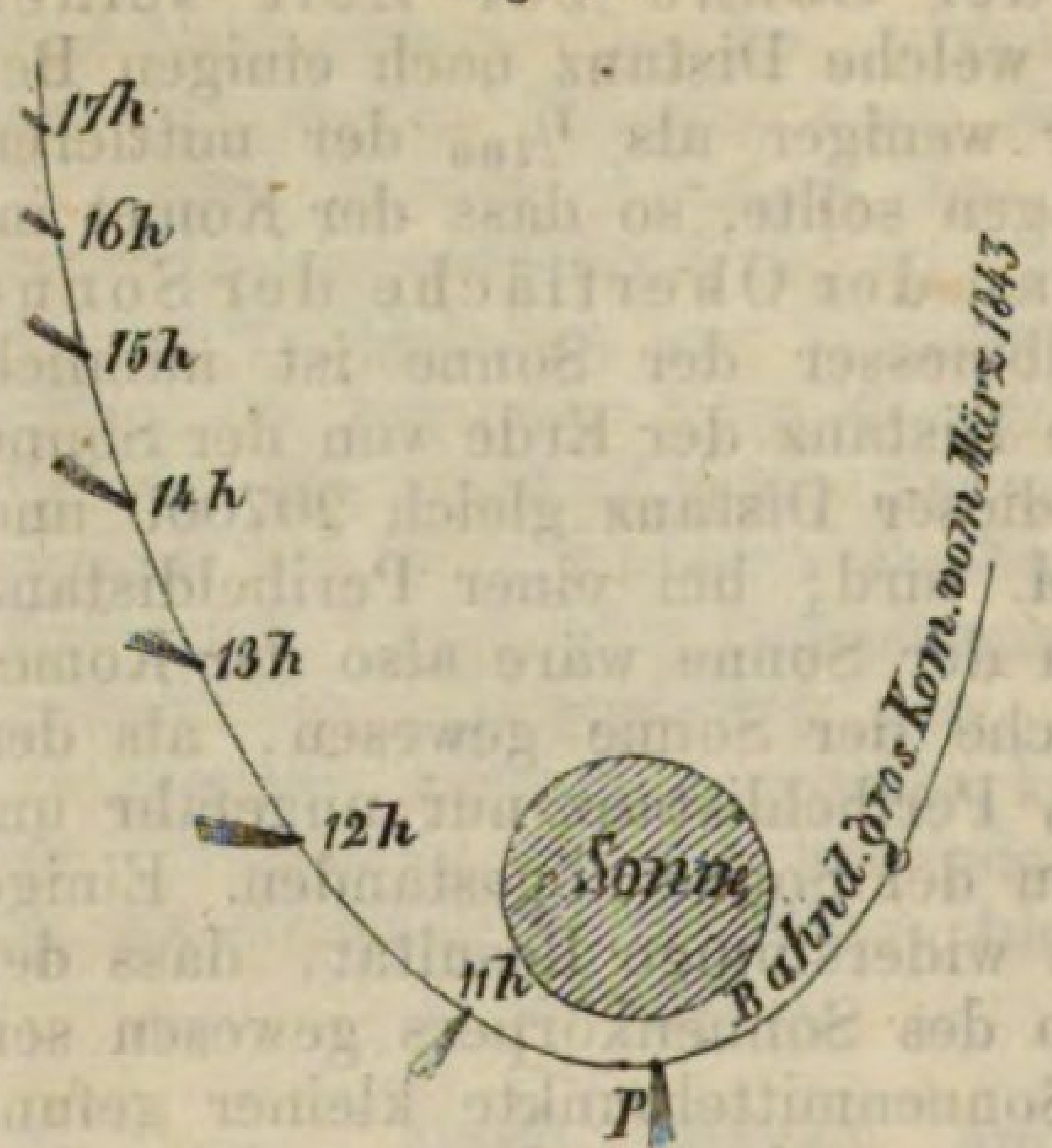
Beobachter:				Länge des Schweifes:	grösste Breite des Schweifes:
Capit. Lützen	am	4.	März	68°	—
Capit. Wilken	„	5. u. 6.	„	69	—
Knorre	„	17.	„	46	1½°
Galle	„	18.	„	40	—
Schmidt	„	19.	„	56	—
„	„	20.	„	60	—
„	„	21.	„	64	—
„	„	24.	„	60	—
„	„	25.	„	57	—
„	„	26.	„	55	—
„	„	27.	„	50	3½
„	„	28.	„	45	—
„	„	30.	„	38	—

Die wirkliche Länge des Schweifes ergibt sich nur wenig kleiner, als der Durchmesser der Erdbahn, nämlich zwischen 30 und 40 Millionen geographische Meilen. Uebrigens war der Schweif in der Nähe des Kernes sehr schmal, und nahm gegen das andere Ende hin an Breite immer mehr zu; dieses Ende selbst lief in eine Spitze aus, deren Umriss jedoch sehr unbestimmt zu sehen war, und sich im dunkeln Himmelsgrunde verlor. Wie bei den meisten früher erschienenen Kometen von besonderer Grösse waren auch hier die Seiten des Schweifes heller als die Mitte, so dass das Ganze das Ansehen eines hohlen Lichtkegels darbot, an dessen Scheitel der Kern stand. Sehr entschieden trat eine Krümmung des Schweifes hervor, und zwar war der vom Kerne abgewendete Theil nach Süden gekrümmt. Legrand in Montpellier beobachtete auch einen Wechsel der Farbe des Schweifes, indem er dieselbe am 11. und 13. März als entschieden roth, später aber als weiss angibt, was aber vielleicht nur atmosphärischen Einflüssen zuzuschreiben ist.

Der Kern stand zu Anfange der Sichtbarkeit (am 8. März) ungefähr in der Mitte zwischen ζ im Walfisch und η im Eridanus, und bewegte sich nach Ost, indem er sich zugleich sehr langsam dem Aequator näherte. Am 15. März war er zwischen η und ζ des Eridanus, und rückte dann oberhalb δ auf ξ desselben Sternbildes zu, in dessen Nähe er sich unseren Blicken entzog. Schon wenige Tage nach seinem ersten Erscheinen ergab die genäherte Bestimmung seiner Bahn eine ausser-

ordentlich kleine Distanz von der Sonne zur Zeit seines Durchganges durch das Perihel, welche Distanz nach einigen Berechnern nur $^1/_{100}$, nach andern gar weniger als $^1/_{200}$ der mittleren Distanz der Erde von der Sonne betragen sollte, so dass der Komet im Augenblicke seines Perihels ganz nahe an der Oberfläche der Sonne vorbeigestreift sein musste. Der Halbmesser der Sonne ist nämlich nahe 96000 geogr. Meilen; die mittlere Distanz der Erde von der Sonne beträgt 20700000 Meilen; daher $^1/_{100}$ dieser Distanz gleich 207000 und $^1/_{200}$ derselben gleich 103500 geogr. M. wird; bei einer Periheldistanz von $^1/_{100}$ der Entfernung der Erde von der Sonne wäre also der Komet etwa doppelt so weit von der Oberfläche der Sonne gewesen, als der Mond von der Erde; dagegen bei $^1/_{200}$ Periheldistanz nur ungefähr um den 4fachen Durchmesser der Erde von der Sonne abgestanden. Einige Bahnbestimmungen ergaben sogar das widersinnige Resultat, dass der Komet zur Zeit des Perihels innerhalb des Sonnenkörpers gewesen sei, indem die Distanz des Perihels vom Sonnenmittelpunkte kleiner gefunden wurde, als der Halbmesser der Sonne; ein Resultat, welches besonders den Nichtastronomen überraschen musste, wovon aber der wahre Grund der ist, dass die Astronomen schon aus den ersten Beobachtungen, die sie von irgend einem neu erschienenen Kometen erhalten, wenn diese auch nur ein Intervall von einigen Tagen umfassen, eine genäherte Bestimmung seiner Bahn im Raume abzuleiten versuchen, theils um zu erfahren, ob der Komet nicht vielleicht ein in vergangener Zeit bereits beobachteter sei, theils um überhaupt so bald als möglich einen beiläufigen Begriff von der Gestalt und Lage der Bahn zu erhalten, den scheinbaren Lauf desselben am Himmel auf einige Wochen im Voraus angeben zu können und ihn so, falls er sehr klein und nur mit Hülfe von Fernröhren zu sehen wäre, auch nach einem längere Zeit hindurch umwölkten Himmel wieder schnell aufzufinden, was um so wichtiger, je schneller und unregelmässiger seine scheinbare, d. h. von der Erde aus gesehene Bewegung ist. Da nun der Komet in den wenigen Tagen, welche zwischen den der Rechnung zu Grunde liegenden Beobachtungen verflossen waren, nur ein sehr kleines Stück seiner Bahn um die Sonne durchlaufen hatte, so war es sehr misslich, daraus auf die Gestalt und Lage der ganzen Bahn zu schliessen, und schon die kleinsten, wegen der unvermeidlichen Unvollkommenheit unserer Sinne und Instrumente wohl immer vorhandenen Beobachtungsfehler mussten die Rechnung sehr bedeutend entstellen. Daher kam denn auch das oben erwähnte, sonderbare Resultat, die übermässig kleine Periheldistanz. Sobald die Beobachtungen längere Zeit fortgesetzt waren, und man mit Hülfe derselben eine schärfere Bestimmung der Bahn erhalten konnte, verschwand auch dieser Widerspruch aus der Rechnung; immer aber blieb eine sehr kleine Periheldistanz übrig, so dass z. B. nach Nikolai's Bahn (s. unten) der Komet im Perihel nur um 11 Durchmesser der Erde von der Oberfläche der Sonne entfernt war. In Fig. 91 haben wir die Sonne und den ihr zunächst liegenden Theil der Bahn des Kometen in dem der Natur entsprechenden Verhältnisse dargestellt, um die aussergewöhnliche Kleinheit der Periheldistanz augenfälliger zu machen. Der Punkt *P* ist das Perihel. Der Massstab ist so gewählt, dass 100000 geogr. Meilen in der Figur gleich $^1/_4$ Wiener Zoll sind. Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne würde bei diesem Massstabe eine

Fig. 91.



Länge von 51 ½ Zoll oder 4 Fuss 3 ½ Zoll erhalten.

Ausser der kleinen Periheldistanz ist noch die schnelle Winkelbewegung des Kometen am 27. Februar, wie sie vom Mittelpunkte der Sonne aus gesehen worden wäre, erwähnenswerth. Die Fig. 91 zeigt diess sehr deutlich, indem die Position des Kometen für mehrere Momente darauf eingetragen ist. Er war nämlich an diesem Tage um $10^h\ 29^m$ mittlere Pariser Zeit im Perihel *P*, um 11^h, 12^h, 13^h u. s. w. aber in den mit denselben Stunden bezeichneten Punkten der Figur. Man sieht also, dass an diesem einzigen Tage die heliocentrische Winkelbewegung über 270⁰, d. h. über ³/₄ des Umkreises betrug. Nicht minder merkwürdig ist die schnelle Abnahme dieser Bewegung; vom 28. Februar bis 10. März, also in 10 Tagen betrug die ganze Winkelbewegung nur mehr $20^0\ 58'$; vom 10.—20. März $2^0\ 24'$; vom 20.—30. März $1^0\ 11'$, u. s. f.

Nach Nikolai's Rechnung ergaben sich für die Bahn des Kometen folgende parabolische Elemente:

Zeit des Perihels	1843, Februar 27., $10^h\ 28^m\ 45^s$ mittl. Par. Zeit
Periheldistanz	0.0055841
Länge des Perihels	$278^0\ 36'\ 33''$
Länge des aufst. Knotens	1 37 55
Neigung	35 36 29
Heliocentrische Bewegung rückläufig.	

Mittelst dieser Elemente wollen wir nun einen Umstand näher ins Auge fassen, der beim Erscheinen eines jeden Kometen sehr wohl berücksichtigt werden muss, und der häufig zu wichtigen und interessanten Resultaten führte. Es ist diess nämlich die Untersuchung, ob der Komet ein ganz neuer, noch nie vorher beobachteter sei, oder ob er in früheren Zeiten schon einmal, vielleicht gar mehrmals sichtbar gewesen. Zur sicheren Entscheidung dieser Frage sind, wie wir diess bereits oben auseinander gesetzt haben (§. 149), die Elemente seiner Bahn einzig und allein geeignet. So stellte sich bei unserem grossen Kometen vom Jahre 1843 eine unverkennbare Aehnlichkeit mit dem Kometen von 1668 heraus, nicht nur bezüglich der Elemente, sondern auch in der äussern Erscheinung, nämlich der ungeheuren Länge des Schweifes und der unverhältnissmässigen Schwäche des Kernes, indem Cassini, welcher den Kometen im Jahr 1668 in Paris beobachtete, durchaus keinen Kern wahrnehmen konnte. Zur Vergleichung fügen wir die Elemente bei, so wie sie aus der Erscheinung von 1668 abgeleitet wurden:

Zeit des Perihels	1668, Februar 28., $19^h\ 21^m$ mittl. Paris. Zeit.	
Periheldistanz	0.004787	
Länge des Perihels	$277^0\ 2'$	Aequinoctium von 1668.
Länge des Knotens	357 17	Aequinoctium von 1668.
Neigung	35 58	
Heliocentrische Bewegung rückläufig.		

Die Aehnlichkeit mit den vorher angeführten Nikolai'schen Elementen ist augenscheinlich, und sie wird noch auffallender, wenn man die Länge des Perihels und des Knotens auf das Aequinoctium von 1843 bezieht, d. h. den Betrag der Präcession von 1668 bis 1843, welcher ungefähr 2⁰ 27′ ist, hinzufügt, wodurch diese Grössen in 279⁰ 29′ und 359⁰ 44′ übergehen, also beziehungsweise nur um 0⁰ 52′ und 1⁰ 54′ von den betreffenden Elementen für 1843 abweichen.

Cassini hat für drei Tage, nämlich 10., 14. und 19. März 1668 die Lage des Schweifes auf einer Sternkarte angemerkt, die sich in den Memoiren der Pariser Akademie für 1702 vorfindet. Rechnet man mittelst der neuen Elemente des Kometen von 1843 zurück auf 1668, und trägt die erhaltenen Positionen in die Sternkarte ein, so passen dieselben genau zur gezeichneten Lage des Schweifes, und diese Lage ist in der Zeichnung wirklich von der Art, dass der Schweif von der Sonne abgewendet ist, wie es sein soll. Auch findet sich im „*Giornale de' Letterati*“ *) eine Beobachtung desselben Kometen von 1668, von Pater V. Estancel in St. Salvador gemacht, die mit der Rechnung nach den neuen Elementen des Kometen von 1843 ganz erträglich übereinstimmt. In einem anderen Artikel desselben Journals: *De figuris Cometarum, qui anno* 1664, 1665, 1668 *apparuerunt*, von A. J. Gottignies, sind die durch diesen Jesuiten zu Goa vom 9. bis 21. März 1668 beobachteten Positionen aufgezeichnet; auch hier ergab sich mit Hülfe der neuen Elemente eine recht gute Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Orte, so dass eine Identität beider Kometen nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich wird. Die Umlaufzeit wäre dann 175 Jahre. Man fand auch wirklich in Pingré's Kometographie Kometen angezeigt in den Jahren 1493, 1317, 1143, 968, 442, 268, die alle in Intervallen von beiläufig 175 Jahren auseinander liegen, bis auf die Jahre 968 und 442, wo drei Umläufe des Kometen dazwischen sind. Da aber über die eben angeführten Erscheinungen von Kometen keine näheren Details vorliegen, so lässt sich mit Sicherheit nicht darüber entscheiden. Die Dauer der Sichtbarkeit im Jahre 1843 ist zu kurz, um eine Umlaufszeit von 175 Jahren aus den Beobachtungen durch direkte Rechnung zu bestätigen. Nikolai hat versucht, ob sich unter der Hypothese, dass die Umlaufszeit 175 Jahre betrage, ein System von elliptischen Elementen finden lasse, welches den Beobachtungen entspräche, und den Lauf des Kometen am Himmel befriedigend darstellte. Er fand, dass diess allerdings möglich sei, und dass folgende elliptische Bahn mit den Beobachtungen übereinstimme:

Zeit des Perihels 1843,	Februar 27., 9^h 45^m 53^s mittl. Par. Zeit.
Periheldistanz	0.0057104
Excentricität	0.99981748
Länge des Perihels	278⁰ 28′ 16″
Länge des Knotens	0 6 33
Neigung	35 52 44
Heliocentrische Bewegung rückläufig.	

*) Auf diese Quelle wurde man durch eine alte Karte aufmerksam, die Henderson in Edinburg besass, ohne zu wissen, zu welchem Werke dieselbe ehedem gehört habe. Es enthielt diese Karte eben den Lauf unseres Kometen, und war eine Beilage des Aufsatzes von Gottignies, was man nach langem Suchen gleichzeitig auf den Sternwarten in Wien und Rom endlich fand.

Boguslawski glaubte dagegen aus seinen Rechnungen folgern zu müssen, dass die letzte Erscheinung des Kometen vom Jahr 1843 im Jahre 1695 Statt fand. Nahm man nämlich den 24. October 1695 als den Tag an, wo ein von Pingré für dieses Jahr aufgeführter Komet im Perihel war, so wurden alle dortigen Angaben des scheinbaren Laufes so genau durch die parabolischen Elemente des Kometen von 1843 dargestellt, als man nur irgend erwarten kann. Ging man, die Identität dieser zwei Kometen vorausgesetzt, mit der daraus folgenden Umlaufszeit von 147½ Jahren zurück, so traf man auf die grossen Kometen von den Jahren 1548, 1401, 1254, 1106, 367, 219 und 72 nach Christi Geburt, und endlich auch auf den von 371 vor Christo, dessen Erscheinung Aristoteles im ersten Buche seiner Meteorologie beschreibt. Von diesen Erscheinungen sind die im Jahre 1106 und die zur Zeit des Aristoteles, weil sie in derselben Jahreszeit stattfanden, wie die vom Jahre 1843, also auch Komet und Erde beiläufig dieselbe relative Lage haben mussten, der letzteren so ähnlich, dass fast kein Zweifel über die Identität übrig zu bleiben scheint.

Laugier und Mauvais hingegen bemerkten, dass man auch unter der Annahme einer Umlaufszeit von 35 Jahren für den Kometen von 1843 zu einer Reihe von sehr grossen Kometen gelangt, worunter die von 1106 und 1668, welche beide zu denjenigen gehören, von welchen etwas genauere Daten zu uns gelangt sind. Sie haben für den Kometen von 1106 gefunden, dass unter Voraussetzung des Durchganges durch das Perihel am 3. Februar 1106 die meisten während der Sichtbarkeit im März und April 1106 gemachten Beobachtungen mittelst der Elemente des Kometen von 1843 ganz befriedigend dargestellt werden. Dass auch der Komet von 1668 mit dem von 1843 ähnlich sei, wurde schon oben näher erörtert. Laugier und Mauvais versuchten, ob eine Umlaufszeit von 35 Jahren den Beobachtungen von 1843 nicht widerspreche, und fanden, dass die Beobachtungen vollkommen dargestellt werden können. Die von ihnen erhaltene Bahn ist folgende:

Zeit des Perihels	1843, Februar 27., 8^h 18^m 23^s mittl. Par. Zeit
Periheldistanz	0.006017
Excentricität	0.99440
Länge des Perihels	278° 17′ 33″
Länge des Knotens	357 52 4
Neigung	36 20 33

Heliocentrische Bewegung rückläufig.

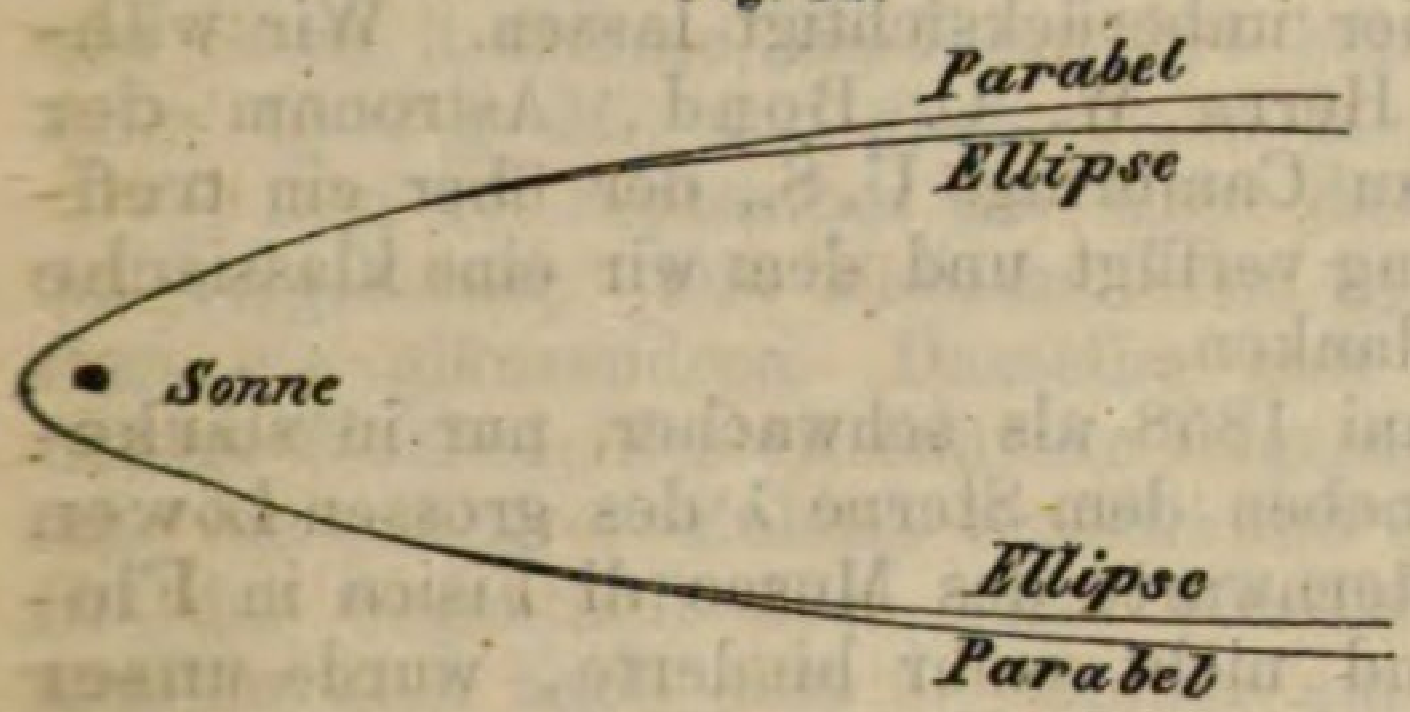
Die Unsicherheit, die beim Versuche der Identificirung eines Kometen mit einem früher erschienenen zurückbleibt, rührt, bezüglich der älteren Kometen, hauptsächlich von den ungenauen Beobachtungen her, die uns aus diesen Zeiten überliefert wurden, indem der Ort des Kometen meistens nur mit einer rohen Näherung, etwa durch die Stellung gegen einige bekannte Fixsterne, bezeichnet ist, so dass aus derlei Beobachtungen auch nur eine eben so ungenaue und rohe Bestimmung der Bahn abgeleitet werden kann.

Wir haben so an dem Kometen von 1843 den merkwürdigen Fall, dass die Beobachtungen desselben durch eine Parabel, durch zwei Ellipsen von 147 und 175 Jahren und durch eine dritte von 35 Jahren Umlaufszeit gleich gut dargestellt werden, oder was auf dasselbe zurückkommt, dass die Umlaufszeit ganz unbestimmt

bleibt. Ein besonderer Grund dieser Erscheinung liegt hier noch in der grossen Excentricität der Bahn. Diese Excentricität ist nämlich so nahe gleich der Einheit, dass in dem kleinen Stücke der Bahn, welches während der kurzen Sichtbarkeit des Kometen von ihm durchlaufen wurde, jeder einigermassen bedeutende Werth, der für die grosse Axe angenommen wird, den Beobachtungen genügt, und folglich aus diesem kleinen Theile der Bahn gar nicht mit Sicherheit zu erkennen ist, ob die Bahn eine Parabel oder Ellipse, und wie gross im letzteren Falle die grosse Axe oder die Umlaufszeit ist.

Dieses anschaulich zu machen, diene Fig. 92, welche das ganze Stück der Bahn zeigt, das der Komet während der Dauer seiner Sichtbarkeit durchlief, unter der Annahme der obigen parabolischen Elemente von Nikolai. Der Massstab ist so angenommen, dass die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne gleich 10 Zoll wird. Nebst dieser Parabel haben wir auch noch eine Ellipse dazu gezeichnet, welche dieselbe Periheldistanz hat, wie die Parabel, und deren grosse Axe gleich ist der grossen Axe der Erdbahn. In dieser Ellipse würde also der Komet eine Umlaufszeit von nur einem Jahre haben, während diese bei der Parabel unendlich gross ist. Nun sieht man aber in der Figur sehr deutlich, wie gering ungeachtet der ausserordentlichen Differenz in den Umlaufszeiten der Unterschied zwischen den beiden Bahnen in der Nähe des Perihels bleibt. Würde man noch eine zweite Ellipse zu zeichnen versuchen, deren grosse Axe gleich der zehnfachen grossen Axe der Erdbahn wäre, in welcher also der Komet eine Umlaufszeit von etwa 32 Jahren hätte, so würde man sie in der Figur von der Parabel kaum unterscheiden können. Wir sehen also, dass der Komet in der Nähe des Perihels fast dieselbe Bewegung hat, ob er sich in der Parabel, oder in der Ellipse von Einem Jahre Umlaufszeit oder in der Ellipse von zweiunddreissig Jahren Umlaufszeit oder in einer andern Ellipse mit gleicher Periheldistanz aber noch grösserer Umlaufszeit bewegt; woraus unmittelbar folgt, dass die Umlaufszeit durch die Beobachtungen nicht mit Sicherheit auszumitteln ist.

Fig. 92.



Zum Schlusse wollen wir noch einer anderen, zuerst von Bessel deutlich erörterten Schwierigkeit gedenken, welche eine unmittelbare Folge der kleinen Periheldistanz war, und die Bestimmung der Lage der Bahnebene, insbesondere die Länge des aufsteigenden Knotens betraf. Denken wir uns nämlich einen Kometen, der sich in gerader Linie gegen den Mittelpunkt der Sonne bewegt, so ist klar, dass in diesem Falle von einer Bahnebene keine Rede sein kann; jede Ebene, die durch die geradlinige Bahn des Kometen gelegt wird, könnte mit gleichem Rechte für dieselbe gelten. Es bleibt also hier die Bahnebene ganz unbestimmt. Diese Unbestimmtheit wird nun, wenn auch nur in geringerem Grade, selbst dann noch zurückbleiben, wenn der Komet, zwar nicht mehr genau geradlinig gegen den Mittelpunkt der Sonne, aber doch nahezu dahin seinen Lauf richtet. Diess ist aber in der

That bei unserem Kometen der Fall; man sieht es sehr deutlich aus Figur 92, wo in einiger Entfernung vom Perihel ein bedeutendes Stück der Bahn immer noch als ein Theil einer geraden Linie angesehen werden kann, die, verlängert, nahe an der Sonne vorbeistreift. Wirklich zeigte sich bei der Berechnung der Elemente dieses Kometen die eben erwähnte Unsicherheit sehr auffallend. Ja, bei den ersten genäherten Bahnbestimmungen wurde die Lage der Bahnebene so verschieden gefunden, dass z. B. der aufsteigende Knoten nach verschiedenen Berechnern auf beinahe diametral entgegengesetzte Punkte des Himmels fiel.

§. 168. (Der grosse Donati'sche Komet von 1858.) Dieser Himmelskörper bot so vieles Herrliche in seiner äusseren Erscheinung, dass wir annehmen dürfen, dem Leser werde eine genaue Beschreibung desselben willkommen sein. Wir glauben das Verständniss des Ganzen am besten zu wahren, wenn wir dem Folgenden die Wahrnehmungen eines einzigen Astronomen zu Grunde legen, und die mancherlei Varianten in der Auffassung anderer Beobachter hier unberücksichtigt lassen. Wir wählen zu unserem Gewährsmanne Herrn W. C. Bond, Astronom der Sternwarte des Harvard College zu Cambridge U. S., der über ein treffliches Fernrohr von 15 Zoll Oeffnung verfügt und dem wir eine klassische Monographie dieses Kometen verdanken.

Der Komet wurde am 2. Juni 1858 als schwacher, nur in stärkeren Fernröhren sichtbarer Nebel neben dem Sterne λ des grossen Löwen von Donati, Astronom an der Sternwarte des Museo di Fisica in Florenz, entdeckt. Sobald der Mond nicht mehr hinderte, wurde unser Komet am 28. Juni von H. P. Tuttle in Cambridge (U. S.), am 29. Juni von H. M. Packhurst in Perth Amboy, am 1. Juli von Miss Mitchell in Nantucket selbstständig aufgefunden. Bei der Berechnung der Elemente zeigte sich gleich eine grosse Unsicherheit in der Bestimmung der Perihelzeit. Um die Mitte August war man indessen einer bedeutenden Erscheinung für Ende September und Anfang October gewiss. Bis Mitte August blieb der Komet teleskopisch und zeigte sehr langsame Bewegung.

Am 19. Juli mass der Diameter des Kernes 5″ = 1180 geogr. M., wahrscheinlich mit Einschluss der dichten Nebelhülle um ihn herum, die um diese Zeit wegen tiefer Stellung des Gestirnes nicht zu unterscheiden war.

Am 19. August gleicht der Kern einem Sterne 7. Grösse.

Am 20. August sah man eine Spur von Lichtschweif, am 29. ward das Gestirn mit freiem Auge sichtbar, und ging vor der Sonne auf, nach derselben unter, so dass man es Morgens und Abends erblickte, was viele Unkundige wieder zu dem Glauben verleitete, es seien zwei verschiedene Kometen zu sehen.

Am 29. August erscheint der Kern dem freien Auge als ein Stern 6. Grösse.

Am 30. August Diameter des Kerns 6″ = 980 g. M., wobei aber vielleicht mehr als der eigentliche Kern gemessen wurde.

Am 6. September bemerkte man eine Krümmung des Schweifes. Da die Erde um diese Zeit nahe in der Ebene der Bahn des Kometen stand, so konnte diese Krümmung nicht in dieser Ebene liegen.

Vom 10. bis 25. September stellte sich eine rasche Zunahme an Licht und Schweiflänge ein. Am 8. September betrug der Durchmesser des Kernes 3″ = 424 g. M. In unmittelbarer Berührung damit zeigte sich genau vor Sonnenaufgang eine intensiv leuchtende Nebelhülle von etwa 600 g. M. Diameter, während das diese Hülle umgebende zerstreute

Licht auf dunklem Himmel sich beiläufig 9000 bis 11000 g. M. gegen die Sonne erstreckte. Ueber diese Grenze hinaus auf dieser Seite war nichts mehr zu sehen. Der Kern glich einem Sterne 5. Grösse und stand genau im Scheitel des Schweifes, dieser war ungefähr 3 ½ Mill. g. M. lang.

Am 9. September wurde die Einwirkung des Zwielichtes untersucht. Beim ersten Zwielichte des Morgens glich der Kern einem Sterne 5. Grösse, und hatte 1100 g. M. Diameter. Bei fortschreitender Dämmerung sank dieser Diameter auf weniger als die Hälfte herab, was deutlich darauf hinweist, dass der sogenannte Kern eben auch nur eine verdichtete Lichtmaterie und kein fester Körper ist. Der Kern war sichtbar bis zwölf Minuten vor Aufgang der Sonne, demnach um diese Zeit dessen Intensität etwas schwächer als die des Mondes.

Am 12. September auffallende Zunahme an Glanz und Länge des Schweifes, die jetzt schon 6° betrug. Am Kerne zeigte sich nun zuerst die merkwürdige Ausströmung. Dem freien Auge erschien derselbe wie ein Stern 3. Grösse, im Fernrohre betrug er nur 10 Sekunden Diameter oder 1300 g. M., und glich einem Sterne 5. bis 6. Grösse.

Den 17. September der Kopf des Kometen einem Sterne 2. Grösse zu vergleichen. Die südliche Seite (Abends links unten) war entschieden die glänzendere. Dasselbe galt von nun an vom Schweife durch einige Wochen, dessen convexe Begrenzung glänzender und schärfer war als die concave. Zuletzt verschwand dieser Unterschied und ging sogar in das Gegentheil über. Der Wechsel ging stufenweise vor sich und machte sich nach dem 6. October am fühlbarsten.

Mit dem 20. September begannen wichtige Veränderungen. Der Lichtschweif war nun an der Wurzel gespalten, indem vom Kopfe zwei ungleiche Ströme ausgingen, zwischen sich einen dunklen Raum lassend. Der Umriss war parabolisch oder hyperbolisch, der südliche Strom so viel glänzender, dass in starker Dämmerung er allein als kurzer Schweif erschien, etwa 30° geneigt gegen die Axe. Zwischen dem Kerne und der Begrenzung gegen die Sonne hin zeigt sich ein dunkler, halbmondförmiger Raum, innerhalb dessen das Licht ungleich vertheilt und chaotisch verworren ist, so dass die Details sich einer genauen Beschreibung entziehen. Die Verlängerung oder der Strahl aus dem Kerne dehnt sich einige Sekunden von demselben nach oben oder östlich.

Am 23. September bei nahe vollem Monde erscheint der Komet dem freien Auge wie ein Stern 1. Grösse mit 6° bis 8° langem Schweife, schon eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang ein glänzendes Objekt. Der teleskopische Anblick wahrhaft ausserordentlich. Der Kern nur 3″ (280 g. M.) im Durchmesser, sehr intensiv und etwas concentrirter als am 20. September, hatte jetzt, eine Woche vor dem Perihel und siebzehn Tage vor dem Perigeum, seinen grössten Glanz. Um den Kern herum eine lichte Hülle, deren Scheitel zur Sonne gerichtet ist und sich auf 15″ (1360 g. M.) vom Kerne erstreckt. Der äussere Umriss dieser Hülle dunkel. Die Grenze einer zweiten weniger hellen Hülle steht in ihrem Scheitel etwa 30″ (2700 g. M.) vom Kerne ab; auch diese zweite Hülle ist durch einen dunklen Bogen eingefasst, ausserhalb dessen sich ein Nimbus von feiner zerstreuter Nebulosität befindet, die schnell abnimmt. Die Umrisse können durch 220° oder mehr, um den Kern als Centrum gezählt, unterschieden werden, aber sie erstrecken sich viel weiter in den Schweif auf der östlichen, lichten Seite.

Zwischen dem 17. und 23. September erkannte man zuerst diese charakteristische Bildung von Hüllen, die offenbar als eine Schwächung der Lichtanhäufung im Mittelpunkte wirkte. Fortan wechselte der Kern in seinem Lichte, wurde glänzender vor einer Eruption, matter nach derselben.

Am 24. September Schweif 7° lang, sichtlich gekrümmt. Im Fernrohre eine entschiedene dunkle Axe im Schweif, die bis hart an den Kern reicht, der eine auf den Schweif senkrechte Verlängerung zeigt. Die innere Hülle ist südlich vom Kerne zum Theile von ihm durch einen dunklen Raum getrennt und doppelt so hell als die nächste Hülle, die wieder viel lichter als die äusserste Nebelumgebung. Der dunkle Raum am Rande der Hülle 3″.5 oder etwa 300 g. M. breit. Der Winkel zwischen den beiden Zweigen des Schweifes wurde 10′ vom Kerne auf 20° bis 25° geschätzt. Diameter des Kerns 2″.5 = 218 g. M.

Den 25. September der Kern eben im Begriffe eine neue Hülle abzuwerfen, vielleicht das erste Beispiel von Wahrnehmung solcher embryonischen Entwicklung, die sich später öfter wiederholte. Die dunkle Axe besteht zuerst aus einem schmalen, gut definirten dunklen Streifen, der bis zum Mittelpunkte reicht. Daran reiht sich der Kern mit den Spuren einer bevorstehenden Eruption. Zwei kleine Ströme von leuchtender Materie gehen von ihm aus, jeder auf einer Seite, zweifelsohne um dem nun reissend wachsenden Schweife Lichtstoff zuzuführen. Um den Kern und den ihm augenscheinlich zugehörenden Nebel ist ein vergleichsweise dunkler Raum, von Hüllen gefolgt, und endlich über allem ein dünner Schleier von diffusem Lichte bis zu etwa 15000 g. M. Entfernung. Die dunkle Axe und den Himmelsgrund mitgerechnet, hat man neun Abwechslungen von Licht und Dunkelheit verschiedener Grade. 64000 g. M. von der Wurzel hat der Schweif 30000 g. M. Breite. Aeusserste Länge des Schweifes 11°, grösste Breite 1°.

Am 27. September Umriss einer neuen Hülle deutlich auszunehmen, in Form und Lage eine Miniatüre der bisherigen innersten Hüllen. Wie die letzte steht dieselbe schief und neigt sich auf die rechte Seite der Axe. Der dunkle Streif in der Axe hat den Scheitel genau im Kerne, und ist an der Wurzel 380 g. M. breit. Schweif 13° lang, misst nahe 4 Millionen g. M. Neues Anhängsel in Gestalt eines langen schmalen Strahles, ausgehend von der convexen Seite, der Krümmung des Schweifes nicht folgend, sondern in gerader Richtung von der Sonne sich erstreckend. Das gleichzeitige Erscheinen dieses Strahles mit dem Entstehen einer neuen Hülle lässt einen Zusammenhang beider ahnen; beide liegen auf derselben Seite der Axe. Wäre dieses Anhängsel vom Kopfe am 25. ausgegangen, so hätte seine Geschwindigkeit 1700000 bis 2200000 g. M. täglich erreicht. Aehnliches hat man an den Kometen von 1843 und 1744 bemerkt; der letztere soll sechs solche Strahlen, gleich einer Fahne ausgebreitet, gehabt haben.

Den 28. September reagirt der Kern photographisch, nicht so die Hüllen. Die dunkle Oeffnung in der Axe nimmt beiläufig $^1/_{12}$ der Breite des Schweifes ein in der Entfernung von 1° vom Kerne, und lässt sich 1° bis 2° weit gut verfolgen. Der Kopf ist bei starker Dämmerung mit einem kleinen Teleskope, wo man nur den lichtesten Theil sieht, sichelförmig. Schweif 19° lang, misst 5500000 g. M., und hat einen Seitenstrahl wie am 27. September.

Zwischen dem 29. und 30. September ging der Komet durch sein

Perihel in einer Entfernung von 10600000 g. M. von der Sonne, und etwa 14800000 g. M. von der Erde, der er noch immer rasch sich näherte. Seit dem 27. waren merkliche Veränderungen eingetreten. Die kleine halbmondförmige Hülle, damals den Kern nahe berührend, hatte sich über denselben erhoben, und war der auffälligste Theil im Fernrohre geworden, am hellsten am äusseren Rande, ein Zeichen, dass sie sich eben vom Centralnebel trennen wollte. Zugleich zeigte sich eine allgemeine Verworrenheit als Anzeige innerer Störungen. Man bemerkte später, dass die Nebelmaterie in demselben Masse, in welchem sie höher und höher über ihren Ursprung stieg, gleichförmiger licht wurde, so als wenn dieselbe, sobald sie aus der unmittelbaren Nähe des Kernes sich entfernt, sich anschickte zu einer symmetrischen Anordnung.

Den 30. September zeigt sich der Rand der Hülle, welche dem Kerne zunächst steht, sehr scharf und lässt sich 270° um den Kern herum verfolgen. Der Kern ist auf der von der Sonne abgekehrten Seite abgeschnitten, wodurch er eine Halbmondform erhält. Die dunkle Axe, welche an ihrer Wurzel nahezu schwarz ist und von gleicher Breite mit dem Kerne, ergänzt den Anblick von Phase und Schatten. Gegen solche Ansicht der Dinge gibt es gewichtige Einwürfe, obschon sie auf den ersten Blick sehr für sich einnimmt. Jede neue Hülle, wie sie vom Kerne sich loslöst, hat dieselbe Phasenform, obschon sie gewiss überall vom Sonnenlichte durchdrungen ist. Eine sehr kleine dem Kerne noch anklebende Hülle würde jene Erscheinung erklären, aber die dunkle Axe ist einige Grade vom Kerne noch so breit, dass sie nicht mit nur einiger Wahrscheinlichkeit der Interception des Lichtes durch einen so kleinen Körper zugeschrieben werden kann, überdiess ist sie gekrümmt. Vielleicht wirken hier zwei Ursachen zusammen: ein vergleichsweiser Mangel an Nebel in der Axe des Schweifes und ein Schatten auf geringe Distanz vom Kopfe, wo wir sehr verdichteten Nebel annehmen müssen, jedenfalls hinreichend um Schatten zu erzeugen. Bestätigt wird diess durch eine spätere Note: »Die Umrisse des dunklen Streifes sind nahe am Kerne gerade Linien, aber in geringer Entfernung von demselben fangen sie an sich mit dem allgemeinen Lichtmangel in der Mitte des Schweifes zu vermischen.«

Dem freien Auge erscheint der Schweif 22° lang (5500000 g. M.) und 2° bis 3° breit nahe am Ende, wo auch seine Krümmung plötzlich zunimmt. Die obere Grenzlinie durchaus am glänzendsten und bestimmtesten.

Am 2. October hat sich keine neue Hülle ausgebildet, noch sind Zeichen einer bevorstehenden Bildung vorhanden. Der Kern ungewöhnlich hell, und gegen die Sonne hin abgerundet. Vermehrter Glanz des Kernes gab sich später als Vorläufer eines neuen Ausbruches zu erkennen. Der Diameter des Kernes senkrecht auf die Axe betrug 5″.2 = 340 g. M. In der innersten Hülle drei dunkle Oeffnungen, zwischen denen helle Strahlen. Der Schweif 25° bis 30° lang, auf der hellsten Stelle in einer Entfernung von 30000 g. M. vom Kerne 19000 g. M. breit. Tafel *VI* gibt für diesen Tag eine Darstellung des Kometen nach einer der zahlreichen trefflichen Abbildungen, mit denen Bond seine Beschreibung des merkwürdigen Gestirnes begleitete.

Am 4. October steigt eine neue Hülle empor, und hat binnen 48 Stunden schon einen Durchmesser von etwa 1900 g. M. erlangt. Der

Kern kleiner und weniger hell als am 2. October. Der secundäre Schweif misst 7200000 g. M. und erscheint 35° lang.

Am 5. October Komet im grössten Glanze. Sein Kopf nahe bei Arctur, dem er an Glanz wenig nachsteht, obschon die Intensität offenbar sehr verschieden. In Europa waren Stern und Kopf des Kometen einander noch näher, jener etwas nördlich von diesem. Das Ende des Schweifes reicht über Benetnasch und Mizar, erscheint 35° lang und 5° bis 6° breit. Mit einiger Aufmerksamkeit zwei Nebenstreifen zu sehen, deren einer sich auf 50° bis 60° erstreckt, gegen 11 Mill. g. M. misst, und eine leichte Krümmung hat.

Die teleskopische Erscheinung ausserordentlich und selten übertroffen. Kern und innerste Hülle bei vollem Sonnenscheine sichtbar, der Kopf 20^m nach Sonnenuntergang mit freiem Auge auszunehmen, und zugleich durch das Fernrohr die zweite Hülle. Der Kern merkwürdigerweise, obschon glänzender, auf etwa 1″.5 = 85 g. M. Durchmesser verkleinert, also auf $^1/_5$ gegen den 9. September, im Volum auf $^1/_{20}$, und überhaupt so klein, wie in der ganzen Erscheinung sonst nicht, obschon, wie gesagt, der Komet im Ganzen an diesem Tage am hellsten. Die anderen $^{19}/_{20}$ in den Schweif übergegangen oder zur Bildung der Hüllen verwendet. Um den 20. October war der Kern wieder grösser gegen zwei Wochen früher, und hatte noch den früheren Glanz.

Am 5. October am Tage keine Spur von Phase. Der dunkle Fleck nahe in gleichem Verhältnisse wie die Hülle, in der er steht, vergrössert. Vom Scheitel und seinen Seiten scheinen Ströme von leuchtendem Gase auszugehen in der Gestalt von leichtem Schaume, der, gegen den Wind geworfen, vor diesem hergetrieben wird.

Die später erschienenen Hüllen zu beschreiben wäre unnütz, und nur allenfalls ihre hervorragendsten Gestaltungen zu erwähnen. Vom 2. bis 20. October lösten sich nach und nach vier vom Kerne los, die erste am 4., die zweite zwischen dem 8. und 9., die dritte den 15., die vierte am 20. October.

Ein Wechsel in den Lichtverhältnissen auf beiden Seiten der Hauptaxen ging etwa um den 6. October vor sich. An diesem Tage war vielleicht noch etwas mehr Licht auf der linken Seite. Der Diameter des Kernes betrug 3″ = 170 g. M.

Am 8. October war dieser Diameter 4″.4 = 230 g. M., der Kern entschieden heller als am 6. und im Begriffe eine neue Hülle abzuwerfen, die Hüllen am bestimmtesten auf der rechten Seite. Der Wechsel hielt an, und es wurde dieser Theil nun bleibend der lichtere. Zugleich stellte sich eine Aenderung in der Neigung der Hüllen gegen die Axe ein. Sie neigten sich jetzt selbst entschiedener gegen die Linke als früher gegen die Rechte. Die zwei letzten Hüllen (15. und 20. October) scheinen in der That mehr Lichtbüschel, aus der Seite statt vom Scheitel entstanden, gewesen zu sein. Eine gleiche Umkehrung des Glanzes zeigte sich in den, dem Kerne nahen Theilen des Schweifes.

Am 9. October hat der Kern abgenommen, zugleich ist eine neue Hülle erschienen.

Am 10. October der Komet der Erde am nächsten, aber im Abnehmen, obschon weiter ausgebreitet als früher. Diameter des Kernes 2″.5 = 133 g. M. Fünf Hüllen, den äusseren Nebel mitgezählt, den ganzen Umrissen nach oder theilweise sichtbar. Dunkler Streif in der

Axe weniger hervortretend, nämlich auch diese Gegend mit zerstreutem Lichte überzogen. Am 11. war dieser dunkle Streif nur eben noch auszunehmen. Diameter des Kernes 2″.0 = 108 g. M.

Am 15. October gleicht der Kern für das freie Auge einem Sterne 3. Grösse.

Am 18. October Diameter des Kernes 3″ = 190 g. M.

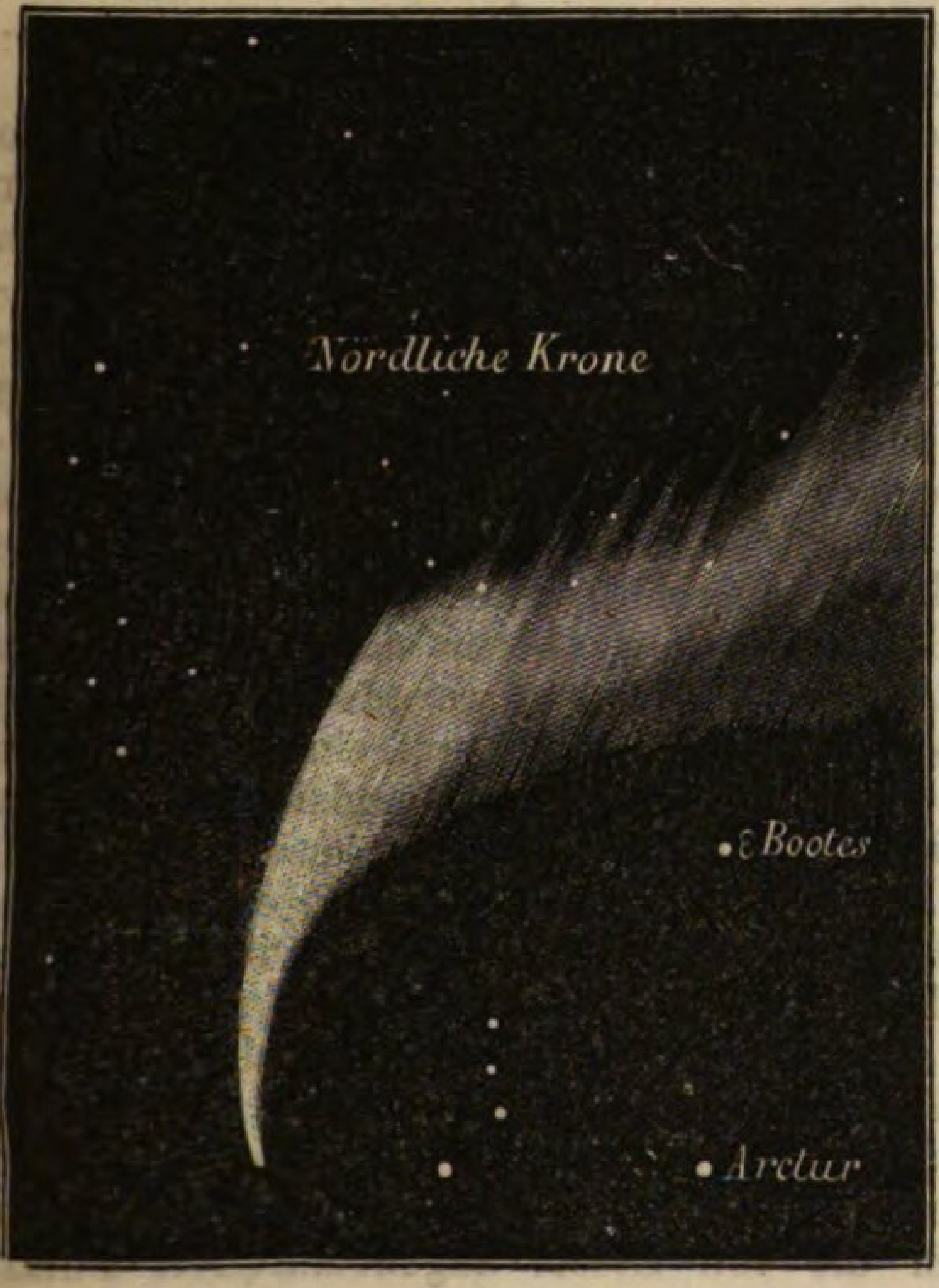
Am 19. October Diameter des Kernes 3″ = 195 g. M., nahe gleich einem Sterne 5. Grösse im Fernrohre, dem freien Auge erscheint er als ein Stern 3. Grösse.

Am 20. October, an welchem Tage die Beobachtungen in Cambridge wegen zu südlicher Stellung des Kometen schlossen, Diameter des Kerns 2″ = 140 g. M.; eine neue Hülle entsteht.

Am 6. October erreichte der eine Nebenstrahl des Schweifes 55° (11 Mill. g. M.), war etwas länger als der Hauptschweif, und lag mehr in der Richtung von der Sonne. Andere weniger vollkommen entwickelte Anhängsel konnten nahe der Gegend wahrgenommen werden, wo die Krümmung des Hauptschweifes sich plötzlich änderte. Am 8. October fünf oder sechs Streifen im Schweife ½° und weniger breit, mit klaren, wohl begrenzten Umrissen, und Strahlen des Nordlichtes völlig gleichend, ausgenommen dass sie ihren Ort unverändert beibehielten, d. h. keine merkliche Bewegung zeigten, und von einem Punkte zwischen Sonne und Kern divergirten.

Am 10. October (Fig. 93) war der Schweif scheinbar am ausgebreitetsten; er erstreckte sich über 60° (11 Mill. g. M.). Die Vertheilung des Lichtes in einer Distanz von 20° bis 30° vom Kerne in parallelen oder wenig divergirenden Streifen, abwechselnd mit dunklen Räumen, war augenfällig. Sie waren 5° lang, 20′ bis 30′ breit, und zu vergleichen mit den Strahlen, die häufig den Nordlichtbogen durchbrechen, oder einer Anhäufung von 5 bis 6 Schweifen von kleinen Kometen, die gleichsam die Ueberbleibsel des grossen bildeten. Diese Streifen waren etwa noch zwei Abende sichtbar, dann durch den Mond verwischt.

Fig. 93.



Zur Uebersicht über die Gestaltungen des Schweifes und seiner Anhängsel diene folgende Zusammenstellung, bei welcher auffallende Unregelmässigkeiten der zeitweisen Unreinheit des Himmels zuzuschreiben sind, die hier sofort störend einwirkt.

		Länge des Schweifes.		Breite am Ende.	
1858.	August 29.	2° =	3000000 g. M.		
	September 8. und 9.	4° =	3400000 „		
	„ 12.	6° =	4000000 „		
	„ 17.	4° =	2100000 „		Mondschein.
	„ 23.	7° =	2500000 „		„
	„ 24.	7° =	2500000 „		„
	„ 25.	11° =	3600000 „	300000	
	„ 27.	13° =	3800000 „		
	„ 28.	10° =	5500000 „		
	„ 30.	22° =	5500000 „	600000	
	October 2.	25° =	5700000 „	1100000	
	„ 5.	35° =	7000000 „	1100000	
	„ 6.	50° =	9500000 „		
	„ 8.	50° =	9100000 „	1500000	
	„ 10.	60° =	10800000 „	2100000	
	„ 12.	45° =	8300000 „		
	„ 15.	15° =	3000000 „		Mondschein.

		Länge der Nebenschweife.		Breite am Ende.
1858.	October 4.	35° =	7200000 g. M.	200000 g. M.
	„ 5.	55° =	11200000 „	„ „
	„ 6.	55° =	10600000 „	„ „

Bei diesen Angaben ist die Krümmung nicht berücksichtigt. Die Nebenschweife sehr fein. Die Verkürzung zwischen dem 12. und 17. September dem Monde zuzuschreiben, ebenso der plötzliche Wechsel vom 10. zum 15. October, wo aber wahrscheinlich zugleich eine grosse Abnahme im Glanze an sich Statt fand.

Eines der merkwürdigsten Phänomene, welches dieser Komet so deutlich zeigte, wie es bisher nie beobachtet worden, bestand in der regelmässigen Bildung und ununterbrochenen Erhebung der Hüllen vom Kerne. Im Ganzen wurden sieben verschiedene Hüllen, die nach einander in Perioden von $4^T\ 16^h$ bis $7^T\ 8^h$ auftraten, constatirt. Das Uebergehen dieser Hüllen in den Schweif erklärt hinreichend die Spaltung des letzteren in zwei Zweige, die einfach die Fortsetzung früherer Hüllen sind und weiter vom Kerne sich mit einander mischen. Der dunkle Raum in der Schweifaxe ist offenbar von den immerhin eine gewisse Begrenzung bewahrenden Hüllen nicht erfüllt. Zuweilen verweilte eine Hülle längere Zeit in der Nähe des Kernes, bevor sie in den Schweif überging (in einem Falle wenigstens 18 Tage), woraus wir schliessen dürfen, dass die Partikel des Hüllenstoffes nicht auf einmal, sondern erst allmählich die Eigenschaft bekommen, einer Repulsion von Seite der Sonne zu unterliegen. Die Beständigkeit der oben erwähnten lichten und dunklen Flecke im Kopfe des Kometen zeigen eine gewisse Stetigkeit in der Anordnung des Stoffes der Hüllen, und widersprechen der Annahme einer Rotation dieser letzteren, ausgenommen so weit der gleiche Anblick des Gestirnes von der Sonne aus eine solche Drehung bedingt. Ebenso geht daraus hervor, dass Schwingungen, wie Bessel sie an Halley's Kometen und andere Beobachter z. B. an den Kometen 1844 *III* und 1853 *III* bemerkten, hier nicht Statt fanden, wenn man gleich in anderen Beziehungen die von Bessel angenommenen Polar-

kräfte zugeben muss, welchen man z. B. allein die beständige Lage des ganzen Kometen in seinem Leitstrahle zuschreiben kann, und die nothwendig pendelartige Schwingungen nach sich ziehen müssen.

Zur Kenntniss der progressiven Bewegung der Hüllen von ihrem Ursprunge folgen hier die Distanzen ihrer Scheitel vom Kerne, in der Linie vom Kerne zur Sonne, mit folgenden Bezeichnungen:

a Scheitel der zuerst am 20. September gesehenen Hülle.
b „ „ „ „ 23. „ „ „
c „ „ „ „ 27. „ „ „
d „ „ „ „ 4. October „ „
e „ „ „ „ 9. „ „ „
f „ „ „ „ 15. „ „ „
g „ „ „ „ 20. „ „ „
n Kern des Kometen.

Distanzen in geographischen Meilen.

		n—a	n—b	n—c	n—d	n—e	n—f
September	23.	2760*	1356*				
„	24.	2840	1230				
„	25.	3816*	1510				
„	27.		1780	742			
„	29.		2226	1270			
October	2.		2800	1590			
„	4.			1890	650		
„	5.		3010	2030	890		
„	6.			2140	900		
„	8.			2630	1518		
„	9.			2800	1830	400	
„	10.			2990	1860	580	
„	11.				2160*	890*	
„	15.				2416*	1730	680
„	18.				3074*	2110	930
„	19.					2370	1170

Das Zeichen * bedeutet geringere Verlässigkeit. Scheitel g verliess die Oberfläche des Kernes eben am 20. October.

Der Komet, obschon von vielen an wirklicher Grösse übertroffen, wurde im Glanze des Kernes von wenigen erreicht. Der Diameter der ihn umgebenden Nebulosität war ungewöhnlich klein, nie viel über 20000 g. M., während z. B. die des Kometen von 1811 zehnmal grösser war, dessen äusserste Coma sich mehr als 64000 g. M. über den Kern erhob, also unsere obigen Dimensionen über zwanzigmal übertraf. Die frühe Entdeckung machte monatelange Voraussage einer glänzenden Erscheinung möglich; das Perihel fiel in günstige Jahreszeit, wo man auf heiteres Wetter zählen kann; die Lage des Kometen im letzten Theile seines Laufes liess den Schweif und die Krümmung desselben der ganzen Länge nach wahrnehmen; der Mond schien glücklicherweise in den ersten Tagen Octobers nicht. Der Vollmond hätte den Kometen vielleicht um ²/₃ seiner Länge beraubt, und selbst dem Glanze des erübrigenden Drittels sehr geschadet. Die Nebenschweife und die abwechselnd lichten und dunkeln Streifen, welche man, wie es scheint, noch nie bemerkte,

wären bei Mondscheine verschwunden. Vorausgesetzt, dass die Lichtsubstanz fortgetrieben und verloren, was ist aus ihr geworden? Das Obige zeigt deutlich genug ein Streben nach Trennung in einzelne Massen und in jeder derselben nach Verdichtung um eine Axe; diese Aggregation um Axen statt um Mittelpunkte und die Divergenz der Axen von der Sonne sind sehr merkwürdig.

Unser Komet ist übrigens als periodisch erkannt worden, aber noch schwanken die vorhandenen Bestimmungen; vielleicht werden die letzten, bisher nicht in Rechnung gezogenen Beobachtungen aus dem Süden hierin grössere Bestimmtheit eintreten lassen. An der Sternwarte zu St. Jago de Chili wurde der Komet bis 1. März 1859 beobachtet. Einstweilen kann man nach Löwy eine Umlaufszeit von etwa 2000 Jahren annehmen.

Noch dürfte nachstehende Zusammenstellung für den Leser Interesse haben.

1858.	Distanz des Kometen von der Sonne in g. M.	Distanz von der Erde in g. M.	Stündliche Geschwindigkeit in g. M.
Juni 2. . .	45600000	50900000	13800
Juli 2. . .	36700000	50900000	15300
August 2. .	26900000	46600000	17800
September 1.	17400000	33900000	22300
„ 11.	14800000	27600000	24500
„ 21.	12700000	20100000	26300
October 1. .	11900000	14000000	27100
„ 11. .	12900000	11000000	26100
„ 21. .	15100000	14200000	24200

Angenommen, dass der Komet vor seiner hier besprochenen Erscheinung zuletzt 150 Jahre vor dem Anfange der christlichen Zeitrechnung durch seine Sonnennähe gegangen sei, so hätte er seine Sonnenferne im Anfange des zwölften Jahrhunderts erreicht, wäre dabei beiläufig 3000 Millionen g. M. von der Sonne abgestanden, und hätte hier eine stündliche Geschwindigkeit von etwa 100 g. M. gehabt.

§. 169. (Grosse Kometen von 1860, 1861, 1862.) Nachdem wir eine Reihe von Decennien hindurch uns beinahe nur mit den Berichten unserer Vorfahren über prächtige Kometen begnügen mussten, scheinen wir mit dem eben besprochenen Himmelskörper wieder in Jahre eingetreten zu sein, die an solchen Erscheinungen reicher sind. Wir wollen hier zum Beschlusse der Betrachtungen einzelner merkwürdiger Gestirne dieser Art einige der interessantesten aus der neuesten Zeit anführen.

Der dritte Komet von 1860 (die Zählung nach der Epoche der Sonnennähe zu verstehen) erschien Ende Juni und war sofort dem freien Auge wahrnehmbar. Er nahm rasch an Licht zu, aber nach wenigen Tagen eben so schnell wieder ab; sein Schweif erreichte eine Länge von 20°. In seiner äusseren Erscheinung zeigte er auffallende Wechsel, die bei aller Verwandtschaft mit den Phänomenen, die man am Donatischen Kometen von 1858 beobachtet hatte, besonders durch die Raschheit der Veränderungen diese noch überboten. Am merkwürdigsten war hiebei eine nicht zu übersehende seitliche Stellung des Kernes im Kopfe des Gestirnes, die sich periodisch einstellte und Secchi zu der Ver-

muthung einer rotirenden Bewegung veranlasste. Die Lichtausströmung im Kopfe des Kometen zeigte keine Veränderung ihrer Lage.

Der zweite Komet von 1861 wird durch seine auffällige Erscheinung den meisten unserer Leser noch erinnerlich sein. Die Wirkung, welche das schöne Schauspiel auf alle Beschauer hervorbrachte, wurde in Europa wesentlich erhöht durch das plötzliche Auftreten des glänzenden Himmelskörpers. Im Süden scheint zuerst Herr Tebbutt, ein Freund der Astronomie, zu Sydney den Kometen am 13. Mai wahrgenommen zu haben; derselbe war damals eben mit freiem Auge sichtbar. Am 8. Juni zeigte der Kern sich daselbst bereits mit der Lichtstärke eines Sternes 4. Grösse und konnte noch 40 Minuten vor Sonnenaufgang ohne Fernrohr gesehen werden. Von den letzten Tagen des Mai an wurde der Komet auch in Santjago de Chili bemerkt. Am 7. Juni hatte der gegen Süden gekehrte Schweif bereits eine Länge von 30 Graden; am 24. Juni glich der Kern einem Sterne 1. Grösse. Schon am 11. Juni glänzte zu Rio de Janeiro der Kern mit dem Lichte eines Sternes 2. bis 3. Grösse und hatte der Schweif eine Ausdehnung von 40 Graden. In Williamtown (Massachusets) beobachtete man den Kometen zuerst am 4. Juni in der Morgendämmerung, die den Schweif nur 4 Grade lang erscheinen liess. Am 20. Juni mass derselbe 40 Grade und war immer noch gegen Süden gekehrt. Leider kamen alle diese Nachrichten erst nach Europa, nachdem der Komet mit sehr rascher nördlicher Bewegung des Kerns und schneller Wendung des Schweifes in gleicher Richtung am 30. Juni sich plötzlich über den Horizont unserer Hemisphäre erhoben hatte, und nun mit einem Male mit voller Pracht sich Abends gleich nach Sonnenuntergang zeigte. Noch am 29. Juni hatte Direktor J. Schmidt in Athen, obschon zufällig eben mit allgemeiner Betrachtung des westlichen Himmels beschäftigt, keine Spur des Schweifes wahrgenommen. Wie sich aus den Rechnungen später ergab, war in unseren Breiten am 29. Juni der Kern noch nicht sichtbar, und konnte nur allenfalls ein Stück des Schweifes durch wenige Stunden als ein schwacher Lichtschimmer wahrgenommen werden, was denn auch Herrn Goldschmidt gelungen zu sein scheint. Am 30. Juni erschien dem freien Auge der Kopf in Athen mondgross, der Schweif hatte eine Ausdehnung von 120° und warf Schatten. Wie sehr die Sichtbarkeit des Schweifes durch Umstände aller Art bedingt ist, ergibt sich z. B. daraus, dass Herr Goldschmidt an demselben Abende den Schweif nur auf 35° verfolgen konnte. Am 1. Juli konnte der Komet zu Athen noch nach Aufgang der Sonne durch den grossen Refractor beobachtet werden. Der erste Abend, an dem die Witterung in Wien eine Beobachtung gestattete, war der 2. Juli. Der Kern übertraf um 11 Uhr für das freie Auge bei weitem alle Sterne erster Grösse, und zeigte im Fernrohre selbst mit starken Vergrösserungen einen Durchmesser von wenigen Sekunden ohne deutliche Abgrenzung von der übrigen Lichtmasse. Kern und Coma zusammen dehnten sich über nahe einen Grad aus. Die Axe des Lichtschweifes trat als scharf definirte dunkle Linie hervor; die Ausströmungen am Kopfe, die rasch abbiegend die beiden Aeste des Schweifes bildeten, standen der Schweifaxe keineswegs gegenüber, sondern hatten ihren Ursprung stark seitlich gegen Ost. Der westliche Ast war weit deutlicher entwickelt als der östliche; um den westlichen erstreckte sich ohne unmittelbar wahrnehmbaren

Zusammenhang mit dem Kerne ein weiterer, sehr auffälliger Lichtbogen. Die ganze Masse um den Kopf zeigte überraschende Ungleichförmigkeit, so dass Licht- und Schattenparthieen überall mit einander abwechselten. Der Schweif erstreckte sich auf 97°. Die Breite desselben betrug nur wenige Grade und blieb beinahe der ganzen Länge nach ziemlich dieselbe; nur in der Nähe des Kernes, bis auf etwa 25° von ihm entfernt, zeigte sich auf der östlichen Seite eine Erweiterung, verwaschen in den Umrissen, während der westliche Rand des ganzen Schweifes scharf begrenzt war. An der Wurzel desselben konnte man eine sanfte Abbiegung nach Ost erkennen, die sich in der eben erwähnten Erweiterung viel entschiedener kundgab. In den folgenden Tagen verlor sich die anfänglich sehr deutlich fächerförmige Anordnung der Lichtmasse um den Kern herum immer mehr. Der Lichtbogen vom 2. Juli war beinahe verschwunden, die früher scharf begrenzte dunkle Linie in der Mitte des Schweifes verschwamm ganz in der lichten Umgebung. In gleicher Weise nahmen diese Einzelheiten während der folgenden Tage an Wahrnehmbarkeit ab; am 12. Juli war nur eben noch der Umriss des Fächers, dem senkrechten Durchschnitte eines Pilzkopfes ähnlich, zu erkennen, und fortan die Erforschung des Details nur allenfalls stärkeren Fernröhren möglich, als dem Wiener Observatorium zu Gebote stehen. Bond sah im Ganzen eilf Hüllen in Perioden von zwei bis drei Tagen sich bilden. Die Lichtausströmung am Kopfe war viel deutlicher als bei dem grossen Donati'schen Kometen, und zeigte keine Schwankung in ihrer Lage. Sehr merkwürdig waren die Modalitäten, unter welchen bei ganz heiterem Himmel der Lichtschweif erschien. Zuerst am 4. Juli erkannte man ganz deutlich, dass die Ausbreitung des Schweifes in seinem ersten Drittel, vom Kerne weggezählt, einem zweiten Schweife angehöre, der für das freie Auge stark nach links gebogen sich auf den ersten, weit längeren und geraden Schweif projicirte. Wo die rechte Kontur des geraden Schweifes von der des krummen durchschnitten wurde, bildete sich dadurch eine scheinbare Einbiegung des Gesammtumrisses, der so bei oberflächlicher Betrachtung sich auf dieser Seite concav zeigte; nur in Wien und Rom gelang es, den wahren Zusammenhang zu erkennen. Auf der anderen, linken Seite des längeren Schweifes konnte man sehr wohl den dunklen Himmel zwischen beiden Schweifen unterscheiden. Unter den vielen räthselhaften Dingen, welche diese Himmelskörper bieten, gehört solche Gestaltung zu den unerklärlichsten. Der gerade Schweif erstreckte sich übrigens am 4. Juli nur mehr auf etwa 82°, der krumme und etwa 8° breite dehnte sich auf 30° aus. Am 5. Juli mass jener 63°, dieser noch 30°; der letztere setzte ganz deutlich über den ersteren weg. Am 6. Juli beträgt die Länge des geraden Schweifes 59°, der krumme zeigt ziemlich die früheren Dimensionen, nur im Ganzen viel weniger Licht. Am 12. Juli ist der gerade Schweif 30° lang und etwa 4° breit, der krumme erstreckt sich auf 21°. Am 13. Juli beträgt die Länge des ersteren 27°, der zweite ist schon sehr matt, in seinen Umrissen aber ziemlich ungeändert. Am 15. Juli beträgt jene Dimension nur mehr 18°, der breite Schweif ist noch gut wahrnehmbar. Von nun an hinderte der Mond die Sichtbarkeit dieser schwachen Objekte. Am 29. Juli, wo derselbe die Beobachtung nicht mehr beirrte, hatte der nur mehr einfache Schweif noch eine Länge von 2° und eine Breite von etwa 40′ Minuten; immer

zeigte sich noch der obere Umriss, verglichen mit dem unteren, scharf begrenzt. Er entzog sich rasch dem freien Auge, nicht aber starken Teleskopen, die ihn noch im darauf folgenden Frühlinge als allerdings sehr schwachen Nebel zeigten.

Schon am 6. Juli hatte Herr A. Murmann, Assistent der Wiener Sternwarte, auf die wenigen europäischen Beobachtungen des Kometen, welche damals bekannt waren, eine Bahnrechnung gegründet, aus der sich sofort ergab, dass der Komet zu den bisher noch nicht beobachteten gehöre, und früher als er bei uns sichtbar wurde im Süden eine glänzende Erscheinung geboten haben musste, was sich denn auch, wie wir aus Obigem wissen, bald bestätigte. Der Tag seines plötzlichen Erscheinens in Europa (30. Juni) war zugleich der seines höchsten Glanzes; er stand zu dieser Zeit nur zwei Mill. g. M. von der Erde ab. Von da an aber entfernte er sich nicht nur wie schon seit dem 11. Juni von der Sonne, sondern zugleich von der Erde. Sein überraschendes Auftreten an unserem Nachthimmel erklärt sich durch die beinahe senkrechte Lage seiner Bahn gegen die Ekliptik. In der Nacht vom 28. zum 29. Juni stand der Komet nach jenen Elementen nahe zwischen Sonne und Erde, für diese aber immer noch mehrere Grade westlich von jener, so dass ein Vorübergang des Gestirnes vor der Sonnenscheibe, an den man bei dieser Sachlage denken konnte, nicht stattgefunden hat. Am 2. Juli hatte der Schweif eine wirkliche Länge von 4,700000 g. M., betrug also kaum die Hälfte der Ausdehnung des Donati'schen Kometen vom Jahre 1858, obschon der Schweif des letzteren eine scheinbare Länge von nur 60° erreichte. Die Erklärung hiervon liegt in der verschiedenen Entfernung von der Erde, die bei Donati 11 Mill. g. M., bei dem jetzigen Kometen am 2. Juli nur 3 Mill. g. M. betrug. Der Halbmesser des Querschnittes des Schweifes in der Gegend der Erdbahn war bei dem Durchgange des Kometen durch die Ekliptik etwa 114000 g. M.; da die Erde aber zu derselben Zeit noch beiläufig 660000 g. M. von dem Punkte ihrer Bahn entfernt war, an welchem der Schweif des Kometen dieselbe kreuzte, so kann man ein eigentliches Eintreten der Erde in den Schweif nicht füglich annehmen. Schätzungen über die Ausdehnung solcher Himmelskörper haben aber immer ihr Missliches, und da wir uns diese Körper, wie bereits erwähnt wurde, nicht füglich anders denn als Agglomerate von einzelnen, etwa den Meteorsteinen vergleichbaren Körperchen denken können, so lässt sich die Vermuthung, dass die von Hind u. a. um den 29. Juni bemerkte eigenthümliche Erleuchtung des Abendhimmels, so wie die von Ellery u. a. hervorgehobene Häufigkeit sogenannter Sternschnuppen an jenen Abenden in einem gewissen Zusammenhange mit dem Kometen standen, nicht geradezu zurückweisen; das wirkliche Zusammentreffen der Erde mit einem Kometen würde kaum in anderer Weise sich unseren Sinnen darstellen.

Eine weitere, jedoch ebenfalls noch nicht definitive Bahnbestimmung dieses Kometen durch Herrn Seeling hat eine Umlaufszeit von 420 Jahren ergeben.

Der wahrhaft musterhafte, allerdings natürliche Eifer, mit dem sich die Astronomen allenthalben die Untersuchung dieses merkwürdigen Himmelskörpers durch Beobachtung und Rechnung angelegen sein liessen, hat übrigens in weiteren Kreisen schlechten Dank gefunden. Das

in der Geschichte dieser Gestirne wohl beispiellos überraschende Auftreten des Kometen bewog überall viele öffentliche Stimmen, vielleicht weil eben Mangel an pikanten Artikeln anderer Art herrschte, die Astronomen mit zuweilen sehr unartigen Vorwürfen zu überhäufen, zum Theile darüber, dass sie die Erscheinung nicht früher wahrgenommen als sie eben von Jedermann gesehen wurde, zum Theile weil sie das herrliche Schauspiel nicht vorher angekündigt hatten. Beide Ansichten zeigen nur, dass trotz aller Verbreitung populärer Schriften selbst die ersten, von jedem Gebildeten zu fordernden astronomischen Kenntnisse immer noch zu den Seltenheiten gehören, und dass die Einfalt, welche vor zweihundert Jahren nicht glauben wollte, dass man den Lauf der Kometen berechnen könne, sich heute nur in die ebenso wenig berechtigte Forderung, keinen solchen Himmelskörper ohne Vorherbestimmung erscheinen zu lassen, verwandelt habe. In der That wollten jene Tadler einerseits, dass man ein Gestirn sehen solle auch wenn es noch unter dem Horizonte steht, andererseits, dass man die Bahn eines Körpers angebe, der sich unseres Wissens dem Menschengeschlechte noch nie gezeigt. Sie werden sich an solchen Ueberraschungen vielleicht weniger stossen, wenn sie bedenken, dass wir von der halben Million Kometen, die es in unserem Sonnensysteme wahrscheinlich gibt, etwa ein Dutzend genau genug kennen, um ihr Wiedererscheinen voraus berechnen zu können, und dass kaum zweihundert Kometen in früheren Erscheinungen genau genug beobachtet wurden, um sie, wenn sie unerwartet zurückkehren, nur überhaupt wieder zu erkennen. Es ist übrigens, auch abgesehen von solchen Betrachtungen, eine ganz irrige Ansicht von der heutigen Aufgabe der Sternkunde, wenn man die Astronomen irgend für verpflichtet hält, stets nach allem Neuen auszusehen, das es allenfalls am Himmel geben könnte. Ein Astronom, der seinen Beruf heute in dieser Weise auffassen wollte, würde sich in die Zeiten der Chaldäer, oder allenfalls der Erfindung des Fernrohres zurückversetzen, da es eben galt vor allem das Vorhandene im Grossen und Ganzen kennen zu lernen. In unseren Tagen ist der Vorrath des im Allgemeinen Bekannten ein so ungeheurer, dass die Leute vom Fache sich vor allem die nähere Ergründung desselben zum Lebensziele setzen müssen; sie haben in bestimmter Richtung zu forschen, nicht auf's Gerathewohl zu suchen. Der Fall lässt sich ganz gut denken und ist hundertfältig vorgekommen, wo ein Astronom, seine Blicke auf einen gewissen Theil des Himmels beschränkend, der eben das Objekt seiner Untersuchung zeigt, der Wissenschaft grosse und zwar solche Dienste leistete, die nur er zu leisten im Stande war, während müssige und unkundige Beschauer des Himmels auffällige Erscheinungen entdeckten in Gegenden des Firmamentes, auf welche sein Auge zu richten der Astronom eben keine Veranlassung gehabt hatte. In der Kindheit der Sternkunde konnte ein arabischer Fürst eine Hauptaufgabe seiner astronomischen Bestrebungen für erfüllt halten, wenn er zahlreiche Wächter besoldete, die beständig fort den Himmel zu durchblicken und alles Ungewöhnliche, das sie bemerkten, anzuzeigen hatten; noch im siebzehnten Jahrhunderte mochte ein reicher Privatmann, wie Hevel, einen grossen Theil seiner Mittel in ähnlicher Weise verwenden; auch heute kann allenfalls ein Offizier seinen Wachposten auftragen, ihn von allem zu unterrichten, das ihnen am Himmel auffällt, wie Biela es gethan. Der eigentliche Astronom wird im All-

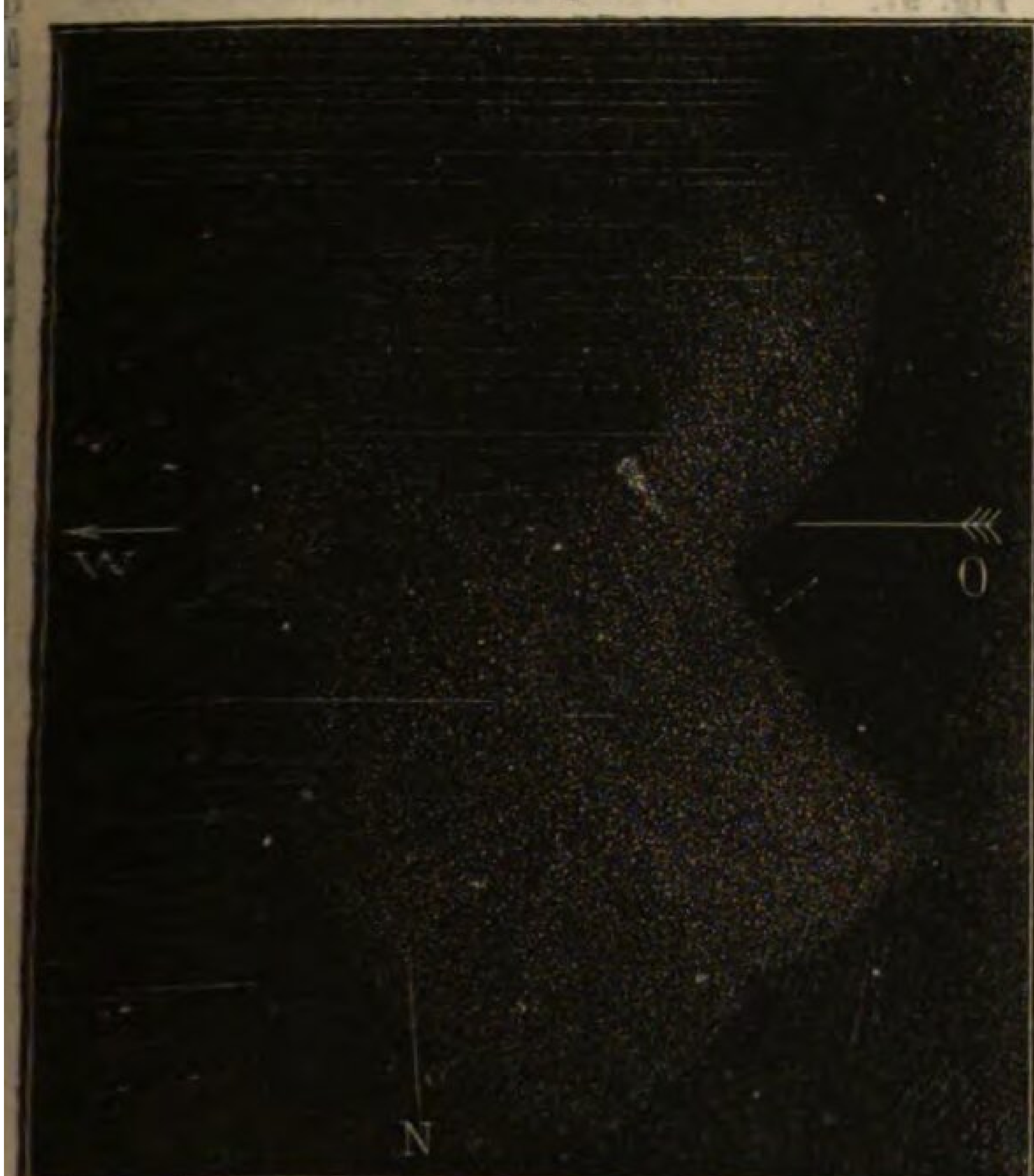
gemeinen erst dann an diese leichte Art sich Lorbeeren zu gewinnen denken, wenn all' die vielen anderen und wichtigeren Bedürfnisse der Wissenschaft befriedigt sind, und ihm noch Kraft und Lust zu einer Arbeit erübrigen, die allerdings im Vergleiche mit seinen sonstigen Aufgaben als Erholung gelten kann.

Der letzte Komet, mit welchem wir uns hier besonders beschäftigen wollen, ist der dritte vom Jahre 1862, der von Vielen, welche die in dieses Jahr fallende Wiederkunft des Encke'schen Kometen nicht berücksichtigen, als der zweite Komet von 1862 bezeichnet wird. Dieser in der zweiten Hälfte des Monates Juli von nicht weniger als sechs verschiedenen Entdeckern (Swift in Marathon U. S., Simons in Albany U. S., Tuttle in Cambridge U. S., Pacinotti in Florenz, Rosa in Rom und Schjellerup in Kopenhagen) ursprünglich aufgefundene Himmelskörper zeigte sich im August auch dem blossen Auge, obwohl nur mässig hell, mit einem 10 bis 20° langen Schweife. Im Gegensatze zu den eben betrachteten Kometen (1860 *III* und 1861 *II*) bemerkte man an diesem Gestirne Pendelschwingungen der Lichtausströmung in sehr auffälligem Masse; aus den Beobachtungen von J. Schmidt, dem es vergönnt war unter Athens reinem Himmel die Erscheinung stetig zu verfolgen, ergab sich überdiess eine merkwürdige Uebereinstimmung in den Perioden der grössten Amplituden dieser Schwingungen mit den Perioden des Kernlichtes so wie der ähnlichen Schweif- und Fächer- oder Hüllenfiguren, nämlich für alle diese Phänomene die Zeit von etwa 2.8 Tagen. Noch zeichnete sich dieser

Fig. 94.



Fig. 95.



Komet durch einen ausserordentlichen Wechsel der Gestaltung seines Kopfes aus. Wir geben hier in Fig. 94 bis 97 nach Schweizer in Moskau, der ein Fernrohr von bedeutender optischer Kraft zu diesen Beobachtungen verwenden konnte, Abbildungen, welche dem Leser eine Vorstellung von den wunderbaren Formänderungen dieser Gestirne geben mögen. In diesen Zeichnungen, die als Bilder im umkehrenden Fernrohre zu verstehen sind, stellt der Pfeil die Richtung der scheinbaren täglichen Bewegung des Himmels dar. Fig. 94 gibt das Aussehen des Kometenkopfes am 19. August; die Lichtströmung vom Kerne zeigt sich in einer keulenförmigen Umhüllung und ist beiläufig nach Südwest gerichtet. Nachdem diese Lage der Lichtausstrahlung am 21. August in Nordwest übergegangen war, zeigte sie sich am 22. (Fig. 95) wieder in ihrer früheren Position. Die Umgebung der Ausstrahlung besteht nun zu beiden Seiten der letzteren in flügelförmigen Ansätzen. Am 26. August (Fig. 96) steht die Ausstrahlung gegen Nordwest und deren Umgebung hat sich *nun in ein Oval* mit einem lichten Flecke verwandelt. Zugleich tritt die Spaltung des Schweifes schon nahe am Kopfe deutlich hervor. Am 27. August (Fig. 97) hat die

Fig. 96.

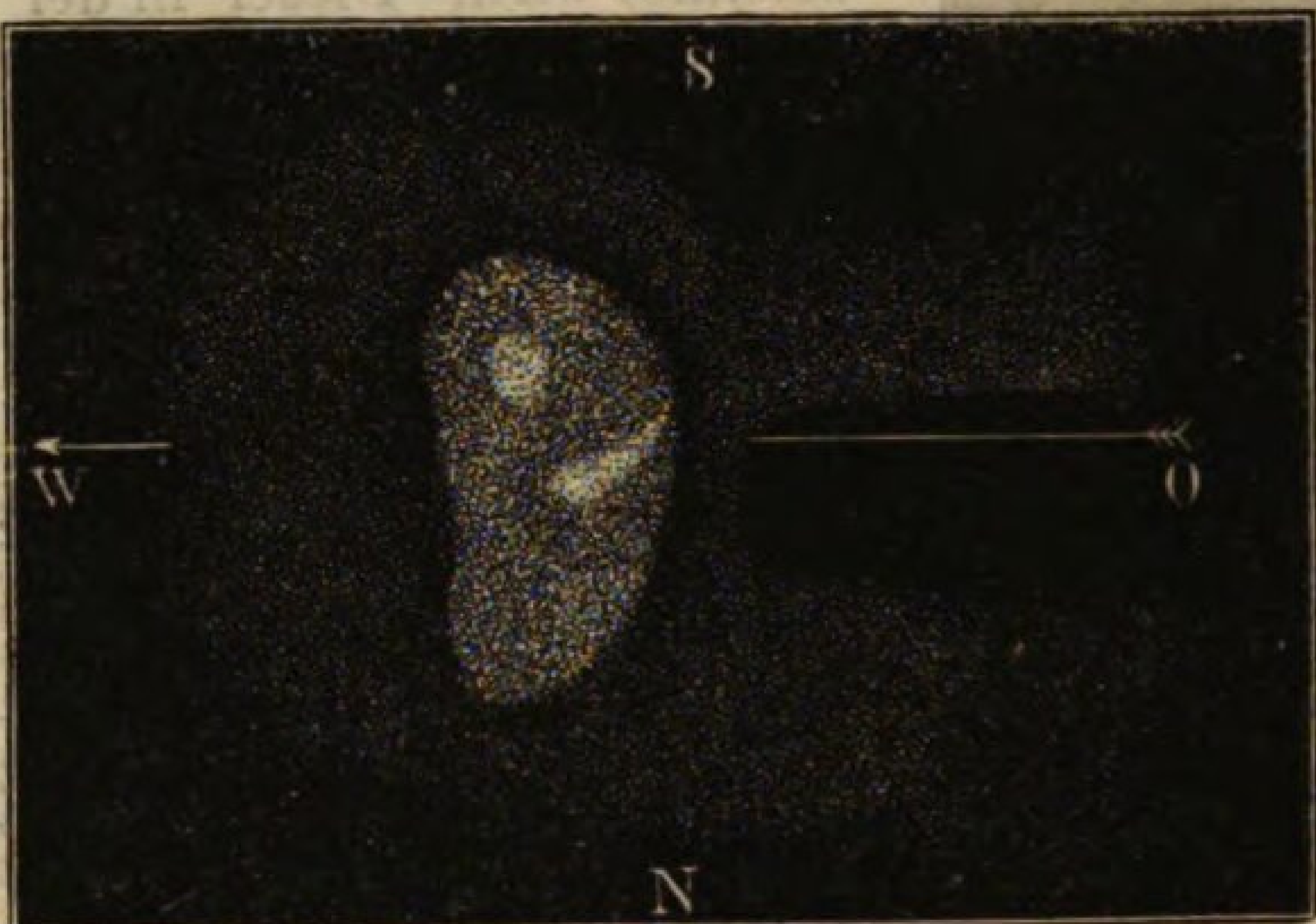
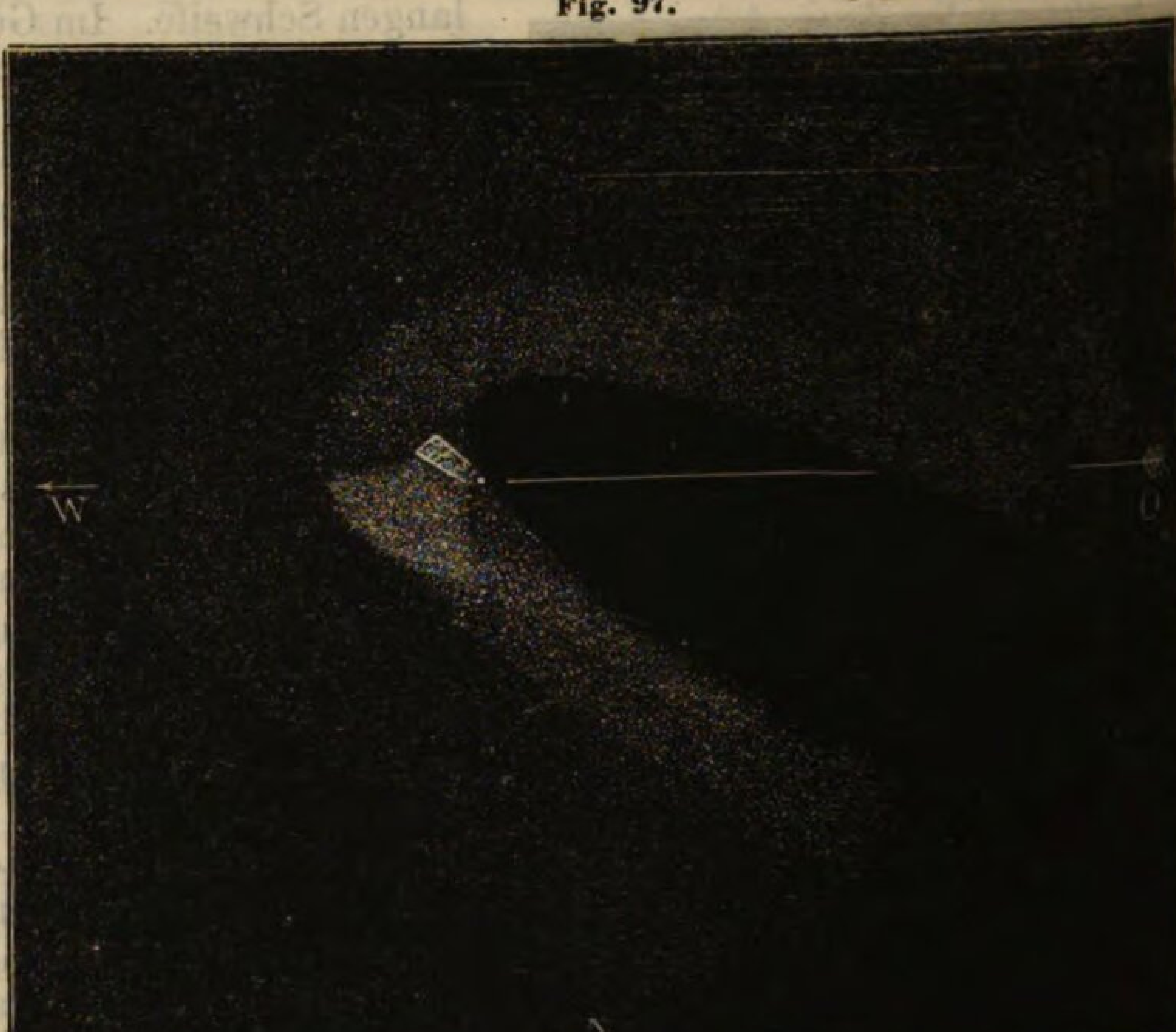


Fig. 97.



Lichtströmung im Kerne wieder die Lage nach Südwest, und nun einen seitlichen Ausfluss von Licht in der Gestalt des Bartes einer Hellebarde, die sich auch z. B. am 24. gezeigt hatte. Die Spaltung des Schweifes ist jetzt noch näher an den Kern getreten, das Ganze hat mehr die traditionelle Form von Kometen angenommen, von der die stärksten Abweichungen gewöhnlich um die Zeit des Periheles (hier 22. August) Statt finden.

Was wir hier und früher über die Formwechsel der Kometen mittheilten, mag genügen, um zu zeigen, dass auf diesem Gebiete des Räthselhaften die Hülle und Fülle vorliegt, und wir kaum an der Schwelle auch nur der Constatirung des wesentlichsten Thatsächlichen stehen.

§. 170. (Aeltere Meinungen von den Kometen.) Unsere Vorgänger, welche die Bahnen der Kometen, die nach denselben Gesetzen, wie die Planeten, die Sonne umkreisen, nicht kannten, und sie daher auch weder beobachten, noch berechnen konnten, unterhielten sich grösstentheils damit, ihre Meinungen von der Entstehung und Bedeutung dieser Himmelskörper aufzustellen; — Meinungen, die zuweilen, was sehr viel ist, noch etwas abgeschmackter ausfielen, als die, welche einige Naturphilosophen erst in unseren Tagen aufgestellt haben. Wir wollen hier nur einige derselben mit der Kürze, die sie so sehr verdienen, näher anführen.

Plinius, der Büffon des Alterthums, zählt zwölf Gattungen von Kometen auf, deren jede ihre besondere Eigenschaft hat: die mähnenförmigen sollen sehr geschwind laufen, die lanzenförmigen sehr blassen Ansehens sein, die Haarkometen am längsten sichtbar bleiben, und was dergleichen sinnreiche Bemerkungen mehr sind.

Aristoteles nahm nur zwei Klassen an: die bärtigen und die geschwänzten Kometen.

Der gelehrte Plutarch, der auch über Astronomie schrieb, obgleich er nichts davon verstand, behauptete ganz dreist, dass die Kometen nichts Reelles, sondern bloss ein Reflex des Sonnenlichtes, von andern Himmelskörpern zurückgeworfen, seien. Einige andere griechische Philosophen hielten die Kometen für eine Art von Coagulation der Fixsterne, die, wenn sie sich zufällig nahe kommen, wie geronnene Milch in einander fliessen. Der bereits erwähnte Stagirit erklärte sie für blosse Ausdünstungen der Erde, für Exhalationen der Klüfte und Höhlen, die in unserer Luft aufsteigen, sich eine Zeit lang daselbst herumtreiben und dann wieder verschwinden.

Nachdem man im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts mit dem neuerfundenen Fernrohre nebst andern himmlischen Erscheinungen auch die Sonnenflecken entdeckt hatte, wurden die Kometen sofort für einerlei Ursprungs mit diesen Flecken, für blosse Ausdünstungen der Sonne gehalten, welche sie wie unbrauchbare Schlacken von sich werfe. Hevel in Danzig, der das Fernrohr für ein sehr trügerisches Instrument hielt und es auch aus dieser Ursache nie gebrauchen wollte, eiferte gewaltig gegen jene Ansicht, die er als sehr thöricht verschrie. Er wollte nämlich die Kometen als blosse Ausdünstungen der Planeten betrachtet wissen. Kepler hielt sie, wohl nur in einer jener Stunden, in welchen er sich so gern den lebhaften Spielen seiner Phantasie zu überlassen pflegte, für Ungeheuer, die in den oberen Regionen der Luft, wie die Walfische im Meere, herumschwimmen und die sich von den bösen

Dünsten nähren, welche zuweilen die Sonne verfinstern und unsere Atmosphäre vergiften sollen, daher sie denn auch, wenn sie sich der Erde nähern, diese Dünste über sie ausathmen und Misswachs so wie pestartige Krankheiten verursachen. Andere Astronomen behaupteten, dass die Kometen böse Dünste seien, die sich im Weltraume sammeln und dann von der Sonne angezogen werden, wo sie, wie in einem Kessel ausgekocht, nach ihrer Reinigung, als Planeten am Himmel glänzen. Claudius Comirs lässt sie im Gegentheile aus der Sonne entstehen, und von derselben, wie Schaumblasen aus einem Schmelzofen, in die Höhe steigen, wo sie sich dann so lange erhalten bis sie platzen. Fromond sah sie als Vorboten des Untergangs der Aristotelischen Philosophie an, die damals, am Ende des 16ten Jahrhunderts, bereits in ihren letzten Zügen lag. Licetus war der Ansicht, dass die Feuersäule, welche die Juden durch das rothe Meer führte, ein Komet gewesen sei, der dem israelitischen Volke als Fackelträger zugegeben wurde. Damascenus glaubt: *cometas a Deo creari et moveri, quo libuerit, per angelos ad terrendos mortales,* eine Meinung, die Tannerus eine *opinionem christiano philosopho perquam dignissimam* nennt. Auf eine analoge Weise lässt der spanische Mönch Valderama die Kometen durch eigene böse Geister aus dem Höllenpfuhle herauf treiben, um dem sündigen Menschengeschlechte einen heilsamen Schrecken einzujagen.

Wir könnten leicht noch eine gute Anzahl dergleichen Dinge anführen, wenn nicht zu besorgen wäre, dass die Leser bereits eben so müde sind, sie anzuhören, als wir, sie zu erzählen. Die meisten dieser Absurditäten vereinigen sich dahin, dass die Kometen Unglückspropheten sind, und dass sie sich vorzüglich gern mit dem Schicksale der grossen Herren, das heisst derjenigen abgeben, die sich von jeher um sie am wenigsten bekümmert haben. Der Glaube, dass die Kometen Unglück bedeuten, scheint so alt zu sein, als das Menschengeschlecht selbst. Wo immer Krieg, Krankheit, Erdbeben, Ueberschwemmungen u. dgl. statthatten, da waren es auch die Kometen, welche die Schuld davon tragen mussten. Besonders stark in diesem Glauben waren die Römer, die überhaupt zu den abergläubischsten Völkern der Erde gezählt werden müssen. Ihre Schriftsteller, selbst die berühmtesten, sind voll von den Vorbedeutungen, welche die Kometen mit sich führen sollen. Cicero, der sich doch sonst so klug dünkte, versichert ganz ernsthaft, dass alle Kometen Kriege und Bürgerzwiste bedeuten. Auch Plinius der Aelt. nennt sie *terrifica et non leviter saeva sidera* und meint, dass besonders die dreieckigen nicht viel taugen und sehr boshafter Natur seien. Seneca, der an einem andern Orte *(Nat. Hist. Lib. VII. 13)* so richtige und für seine Zeiten in der That ganz unerwartete Ideen von ihnen mittheilt, erklärt doch nicht ohne niederträchtige Kriecherei, dass sie alle sehr tückische Wesen seien, da sogar derjenige, der *laetissimo Neronis imperio* erschien, und der also unter einem so guten und vortrefflichen Fürsten nichts als Wohlthaten hätte bringen sollen, *cum ne hic quidem Cometis veterem detraxerit infamiam.* Noch bezeichnendere Stellen findet man in den römischen Dichtern: Virgil, Claudian, Tibull u. a., die alle die Bosheit der Kometen nicht nachdrücklich genug beschreiben können. Aber auch die eigentlichen Geschichtschreiber wollten nicht hinter jenen zurück bleiben, und Thucy-

dides, Sueton, Josephus Flavius u. a. erzählen uns eine Menge Unglücksfälle, die durch Kometen angezeigt oder selbst bewirkt worden sein sollen. Wer Lust an solchen Märchen hat, kann sie in des bekannten Jesuiten Riccioli's Werke *(Almagestum novum)* oder in des bereits oben erwähnten Lubienicius *Theatrum cometicum* selbst nachsehen.

Aber auch selbst die eigentlichen und unter ihnen sehr ausgezeichnete Astronomen haben sich von diesen, die Menschen so lange beherrschenden Vorurtheilen nicht ganz frei halten können, wie der folgende Auszug aus einem Aufsatze zeigt, den D'Alembert in der *Encyclopédie française* eingerückt und den erst im Jahr 1815 ein nicht minder geschätzter, deutscher Astronom in dem von ihm herausgegebenen Almanache wieder aufgenommen hat. Die Rede ist von dem grossen, schon oben erwähnten Kometen des Jahres 1680, von welchem noch zu Newton's Zeiten der schwärmerische Whiston in einem eigenen, nicht kleinen Werke die Noachische Sündfluth abgeleitet hat. Beide oben erwähnte Astronomen setzen mit Whiston voraus, dass die Umlaufszeit dieses Kometen 575 Jahre betrage, und auf diese Voraussetzung bauen sie ihre ganze Hypothese. — Geht man, sagen sie, von dem Jahre 1680 um acht seiner Perioden, d. h. um 4600 Jahre zurück, so fällt man auf das Jahr 2916 vor Chr., auf welche Zeit die meisten unserer Chronologen die Sündfluth setzen. Von da zwei Perioden vorwärts, gelangt man zu dem Jahre 1767 vor Chr., wo uns neuerdings eine grosse Ueberschwemmung begegnet, nämlich die des Ogyges, des Urvaters der alten Griechen, von dem seine Nachfolger desto mehr erzählen konnten, je weniger sie von ihm wussten. Die dritte Erscheinung dieses Kometen fällt auf das Jahr 1192 vor Chr., in welchem nach der allerdings noch ganz unverbürgten Rechnung einiger unserer Chronologen der trojanische Krieg angefangen haben soll. Die vierte Erscheinung trifft in das Jahr 617 vor unserer Zeitrechnung oder in die Zeit der Zerstörung Ninive's, wo der grosse Komet gesehen wurde, von welchem in den sibyllinischen Büchern geschrieben steht — was unsere Leser selbst darin nachschlagen mögen. Die fünfte fällt auf das Jahr 43 vor Chr., also in das Todesjahr des C. J. Cäsar, von dessen Zusammenhang mit den Kometen wir schon oben gesprochen haben. Die sechste im Jahr 531 nach Chr. beleuchtete den Anfang der thatenreichen Regierung Justinian's *I.* des Gesetzgebers. Die Kriege, Erdbeben und die verheerenden Seuchen, welche er diessmal mit sich brachte, sind umständlich genug in den Werken des Procopius, des Sekretärs des grossen Belisar, zu lesen. Die siebente Erscheinung fiel in das Jahr 1106, den Anfang der Kreuzzüge, wo Christen und Türken ihn mit gleichem Rechte als den Vorboten des Untergangs der Ungläubigen ansahen. Die achte fiel in das Jahr 1680, in die Zeit, die Newton mit dem Lichte seines Geistes erhellte, ohne übrigens die althergebrachten Vorurtheile von der Bedeutung dieser Himmelskörper zerstören zu können, da Milton, Newton's Zeitgenosse, in seinem verlorenen Paradiese, noch von dem Kometen sagen konnte:

> From its horrid hair
> Shakes pestilence and war.

Der neunte Besuch endlich soll in das Jahr 2255 fallen, wo vielleicht der Genius der Kultur seine Fackel über Europa ausgelöscht haben,

und wo man nähere Nachrichten über ihn von den Geschichtschreibern und Astronomen der jetzigen Wilden in Neuholland oder in Nukahiwa erhalten wird.

Und was sollen wir indessen von allen diesen artigen Zusammenstellungen des Kometen mit den Ueberschwemmungen, Kriegen, Kreuzzügen u. s. w. halten? — Sie sind, wie gesagt, auf die Voraussetzung gebaut, dass die Umlaufszeit des Kometen 575 Jahre beträgt. Und wie steht es mit dieser Voraussetzung, die man, der Himmel weiss, woher abgeleitet hat? — Wenige Worte werden genügen, diesen Tändeleien, denn anderes sind sie nichts, ein Ende zu machen. Erst in unseren Tagen hat einer der geschicktesten deutschen Astronomen die sämmtlichen Beobachtungen des grossen Kometen von 1680 einer strengen und sehr genauen Rechnung unterworfen und gefunden, dass seine Umlaufszeit nicht 575, sondern volle 8800 Jahre beträgt. Mit dieser einzigen Bemerkung verschwindet daher die Basis, auf der man das ganze luftige Gebäude errichtet hat und mit ihr also auch das Gebäude selbst.

§. 171. (**Einfluss der Kometen auf die Temperatur und Witterung.**) Wenn aber diese Himmelskörper mit Kriegen und Ueberschwemmungen nichts gemein haben sollen, so könnten sie vielleicht doch auf unsere Witterung und dadurch auf die Temperatur und Fruchtbarkeit der Erde ihre Wirkungen äussern? — Dieser Glaube ist in der That nicht minder allgemein, als jener. Wir wollen sehen, ob er auch eben so gut begründet ist.

Erfahrungen müssen hier entscheiden. — Hier sind sie. In dem folgenden Zeitraume von 153 Jahren sind diejenigen angegeben, in welchen ein Komet erschien, und in welchen zugleich der Sommer sehr warm oder der Winter besonders kalt war.

Heisser Sommer oder warmer Winter	Kalter Sommer oder strenger Winter
1632	1665
1682	1680
1689	1683
1701	1684
1702	1695
1704	1699
1718	1706
1723	1718
1737	1729
1748	1744
1764	1766
1769	1771
1774	1784
1781	1785
1783	

Diese Tafel zeigt also in 153 Jahren 15, wo die Kometen grosse Wärme, und 14, wo sie grosse Kälte gebracht haben. Und was folgt daraus? — Doch wohl, dass sie weder Wärme noch Kälte bringen, oder dass der Einfluss der Kometen auf die Temperatur, wenn er überhaupt besteht, für uns ganz unmerkbar ist.

Wir haben bereits oben (*I.* §. 87) von der mittleren Temperatur der verschiedenen Orte der Oberfläche der Erde gesprochen und gesagt, wie man dieselbe durch Beobachtungen am Thermometer finden könne. Sehen wir nun zu, ob diese mittlere Temperatur mit der Erscheinung der Kometen in irgend einem Zusammenhange steht.

Auf der Sternwarte in Wien beobachtet man seit beinahe neunzig Jahren täglich dreimal den Stand des Thermometers, woraus man dann, nach dem oben Gesagten, die mittlere Temperatur jedes Jahrs durch Rechnung ableitet. Wir geben hier der Kürze wegen nur 30 Jahre mit ihren mittleren Temperaturen nach Réaumur und mit der Anzahl der in diesen Jahren erschienenen Kometen.

	mittl. Temp.	Komet.		mittl. Temp.	Komet.		mittl. Temp.	Kom.
1821	+ 9°.2	1	1831	+ 8°.2	0	1841	+ 8°.5	0
1822	9°.7	3	1832	7°.8	3	1842	7°.3	2
1823	8°.0	1	1833	8°.3	1	1843	8°.0	3
1824	9°.1	2	1834	9°.6	1	1844	7°.6	3
1825	8°.4	4	1835	8°.2	3	1845	7°.7	4
1826	8°.3	5	1836	8°.5	0	1846	9°.1	8
1827	8°.5	3	1837	7°.0	0	1847	7°.1	6
1828	8°.3	0	1838	6°.6	1	1848	7°.8	3
1829	6°.1	1	1839	8°.1	0	1849	7°.3	3
1830	7°.5	3	1840	6°.9	4	1850	7°.5	2

Im Mittel aus allen an dieser Sternwarte angestellten Beobachtungen ist die jährliche mittlere Temperatur Wiens gleich + 8°.02. Nimmt man nun die Jahre unter 7°.5 für kalte und die über 8°.5 für heisse Jahre an, so findet man aus der vorhergehenden Tafel

5 heisse Jahre mit 15 Kometen
7 kalte „ „ 17 „
18 mittl. „ „ 38 „

oder mit anderen Worten, man findet

auf 10 heisse Jahre 30 Kometen
„ 10 kalte „ 24 „
„ 10 mittl. „ 21 „

woraus also, gegen die bisherige Voraussetzung, folgen würde, dass die mittleren Jahre die an den Kometen ärmsten sind. Allein auch dieser Schluss ist offenbar nicht sicher. Die Jahre 1829 und 1838 waren sehr kalt und hatten doch beide nur Einen Kometen. Die Jahre 1822 und 1834 waren im Gegentheile sehr heiss, und doch hatte jenes zwar 3, aber dieses nur 1 Kometen. Das Jahr 1846, keineswegs zu den abnormsten zählend, hatte 8 Kometen! weil — zu jener Zeit zufällig sich eben Viele mit dem Aufsuchen solcher Himmelskörper befassten.

Wenn aber die Kometen keinen Einfluss auf die Temperatur haben, so können sie doch Trockenheit oder Nässe, dichte Nebel, Ungewitter, Hagel, Meteore u. dgl. erzeugen? Sie können: sie können aber auch vielleicht nicht. — Soll man nun alle diese Dinge nach einander auf die Kapelle bringen, um sie zu untersuchen? Wir haben es in der That versucht, die beiden letzten Jahrhunderte in Beziehung auf ihre Nässe oder Trockenheit durchzugehen; aber wir können es nicht wagen, die Langeweile, welche uns diese Arbeit machte, die Leser entgelten zu lassen. Sie werden uns wohl auf's Wort glauben, dass wir auch zwischen

diesen Dingen und den Kometen keinen weiteren, auch nicht den geringsten Zusammenhang gefunden haben. Aus diesen mühseligen Untersuchungen folgt nur eben — dass nichts daraus folgt; wie denn alle solche Schlüsse eigentlich jeder Begründung entbehren, da die Anzahl der registrirten Kometen von Nebenumständen aller Art: günstige Witterung, Güte der Fernröhre, ja vor Allem davon abhängt, ob die Herren Kometenjäger eben guter Laune sind.

§. 172. (Einfluss der Kometen auf Krankheiten.) Dass die Kometen auf Krankheiten der Menschen und Thiere und selbst auf die der Pflanzenwelt einwirken, ist so lange und so fest geglaubt worden, dass man kaum anstehen kann, sich auch ein wenig auf diese Seite hin zu neigen. Eigentlich sollten die Aerzte über diesen Gegenstand gefragt werden, vorausgesetzt, dass sie die Natur der Kometen besser kennen, als die der Krankheiten, welche sie heilen wollen. Einer der neuesten hat es in seinem Werk: *Illustrations of the atmospherical origin of epidemic diseases, Chilmsford 1829* übernommen, den Zusammenhang der Kometen mit grossen Epidemien mit mathematischer Genauigkeit, wie er sagt, nachzuweisen, und er schliesst dieses voluminöse Werk mit folgenden Worten: »Es ist daher ganz gewiss, dass seit dem Anfange unserer Zeitrechnung die ungesundesten Zeiten auch immer zugleich die an Kometen reichsten gewesen sind, und dass die Erscheinung dieser Himmelskörper stets von Erdbeben, vulkanischen Ausbrüchen und atmosphärischen Revolutionen begleitet waren, während man im Gegentheile in gesunden Zeiten nie einen grösseren Kometen gesehen hat.«

Und wie fängt Forster es an, diesen seinen Satz zu beweisen? — Er geht von Christi Geburt auf den heutigen Tag alle Jahre und alle Chroniken durch und bringt alle Leiden und Unfälle, welche in dieser langen Zeit das arme Menschengeschlecht betroffen haben, in eine endlose Liste zusammen. Auf dieselbe Weise spürt er auch den Kometen nach, die seit jener Epoche erschienen sind, und deren er gegen 500 zusammentreibt, die er alle neben den Krankheiten seines ersten Registers einträgt, wodurch denn endlich ein gar herrliches und für den geneigten Leser wahrhaft erbauliches Inventarium von Noth und Elend, und zugleich von Kometen entstanden ist, die an allen jenen Drangsalen allein Schuld sein sollen.

Es scheint, dass ihm diese Arbeit nicht eben viel Nachdenken gemacht haben kann. Wie wir bereits oben gesehen haben, gibt es so viele Kometen, dass man beinahe auf jedes Jahr zwei derselben zählen kann. Unglücksfälle aller Art aber, die das arme Menschenvolk heimsuchen, gibt es wohl noch viel mehr, als zwei in jedem Jahre. Da es sonach am Himmel nicht an Kometen, und auf Erden nicht an Noth und Elend fehlt, so wird es keine besondere Anstrengung erfordern, zu jeder Calamität auch einen Kometen als Sündenbock aufzufinden. Im Gegentheile, es wird sehr schwer, wo nicht unmöglich sein, auch nur ein einziges Jahr zu treffen, wo nicht das eine und das andere dieser beiden Dinge eingetroffen wäre.

Ohne Zweifel würde dieses traurige Inventarium des menschlichen Elends, diese zweite Auflage einer »Reise durch die Höhlen des Unglücks und die Gemächer des Jammers« unseres englischen Karls von Karlsberg eine ganz andere Gestalt erhalten haben, wenn es ihm beliebt hätte, ohne Vorurtheile und ohne vorgefasste Meinung an sein

Werk zu gehen, und wenn er nicht, was er in unseren Geschichtbüchern erst suchen sollte, schon zuvor als fixe Idee in seinem eigenen Kopfe gefunden hätte. Was soll es uns frommen, wenn wir z. B. bei dem Jahre 1665 lesen: »Grosser Komet und Pest in London.« — Also doch eine Pest, aber warum nur in London? War der Komet nicht auch an andern Orten der Erde eben so gut, war er bloss in London sichtbar? Warum brachte derselbe Komet, der die Pest nach London führte, sie nicht auch nach Paris, nach dem nahen Hamburg, nicht einmal nach Schottland oder Irland? Dann hätte also wohl jene Dame recht, die, als sie hörte, dass man den gefürchteten Kometen im nächstfolgenden Jahre 1832 in Paris erwarte, entgegnete, dass sie das wenig kümmere, weil sie dieses Jahr nicht in Paris, sondern bei ihren Verwandten in Neapel zubringen werde. — Was sollen uns ferner folgende Zusammenstellungen: »Anno 1668 erschien ein Komet, und in Westphalen war ein grosses Sterben unter den Katzen. Anno . . . war ein Komet und ein grosses Ungewitter in Thüringen, das mehrere Bauern auf der Wiese erschlug. Anno . . . Komet, und Klauenseuche des Hornviehes in Ostfriesland. Anno . . . Komet und Aërolith in Schottland, welcher letzte eine Dorfkirche traf und das Räderwerk der Thurmuhr beschädigte u. s. w.« Wohl hundertmal liest man in dem Buche: »Komet und Heuschrecken in Kalabrien; Komet und Ueberschwemmung in England; Komet und Erdbeben in Kleinasien; Komet und Feuersbrunst in Konstantinopel;« und was dergleichen Dinge mehr sind. Scheint es doch, als wollte der Verfasser absichtlich darauf ausgehen, die unverträglichsten Dinge mit einander zu paaren und Sachen zusammen zu koppeln, die himmelweit von einander liegen. Wenn es ihm, wie man glauben muss, nur darum zu thun ist, bei seinen Lesern Aufsehen zu erregen, so hätte er seine Kometen ganz gewiss auch eben so gut und eben so leicht noch ganz andere Verbindungen eingehen lassen können; z. B. Kometen und Hundegebell; Kometen und leeres Geschwätz, oder Kometen und alberne Bücher, zu welchen letzteren besonders er die Beispiele ganz in der Nähe hätte finden können.

Wohl wäre es zu wünschen, diesen Gegenstand mit dem Ernste behandeln zu können, den die Wichtigkeit der Sache, den die Befreiung von jedem Vorurtheile überhaupt verdient, wenn nicht eben jene sonderbare Bearbeitung desselben durch die Vorgänger einen ganz andern Ton gleichsam nothwendig gemacht hätte, und wenn es nicht, selbst unter den sogenannten gebildeten Ständen, noch gar so viele gäbe, die keinen Anstand nehmen, sich diesen Thorheiten hinzugeben, während sie auf viel geringere und verzeihlichere mit einer Art von Selbstgefühl herabzusehen pflegen, das oft nur zu sehr verräth, dass auch hier ihre scheinbar bessere Kenntniss nicht sowohl auf Gründen und auf Ueberzeugung, als vielmehr nur auf Gewohnheit und auf einer Art von Mode beruht, für welche sie selbst nichts weiter anzuführen haben. Ueberhaupt möchte es wohl mit dem, was man Bildung und Aufklärung zu nennen beliebt, wenn man es etwas näher besieht, eine ganz andere Bewandtniss haben, als die Leute gewöhnlich und die am meisten glauben, welche diese Worte immerdar im Munde zu führen pflegen. Um aber den Vorwurf der Unartigkeit, die man unseren Landsleuten so gern Schuld gibt, zu vermeiden, wollen wir einen der artigsten unserer artigen Nachbarn jenseits des Rheines, von dem wir das Vorhergehende

entlehnten, für uns sprechen lassen, der sich bei derselben Gelegenheit auf folgende Weise ausdrückt: *J'aurais vivement desiré,* schreibt Arago, damals Präsident der Akademie der Wissenschaften in Paris, *pour l'honneur des sciences et de la philosophie moderne, pouvoir me dispenser de prendre au sérieux les idées bizarres, dont je viens de faire justice: mais j'ai acquis personnellement la certitude, que cette refutation ne sera pas inutile et que ces Messieurs ont parmi nous bon nombre d'adeptes. Au surplus, prêtez l'oreille un seul instant, même dans ces réunions, qu'il est d'usage d'appeler le grand monde, aux longs discours, dont les comètes, les éclipses etc. fournissent le texte, et decidez ensuite, si l'on peut se glorifier de cette prétendue diffusion des lumières, que tant d'optimistes se complaisent à signaler comme le trait caractéristique de notre siècle. — Quant à moi, je suis revenu depuis long-temps de ces illusions. Sous le vernis brillant et superficiel, dont les études purement littéraires de nos collèges et académies revêtent à peu près uniformement toutes les classes de la société, on trouve presque toujours, tranchons le mot, une ignorance complète de ces beaux phénomènes, de ces grandes lois de la nature, qui sont notre meilleure sauvegarde contre les préjugés.*

Wenn man aufrichtig und ohne Vorurtheil zu Werke geht, so wird man eben in allen Zeiten gleich viele Belege für als gegen die Meinung finden, dass die Kometen Krankheiten oder andere Unglücksfälle vorher verkündigen, wenn nicht gar verursachen sollen, d. h. man wird finden, dass jene Himmelskörper mit diesen Kalamitäten des Menschengeschlechtes in keiner Verbindung stehen. Uebrigens ist es betrübend zu sehen, wie die Menschen mitten unter den Unglücksfällen, die sie betrafen, sich noch mit selbstgeschaffenen Uebeln plagten, wie sie sich durch grundlose Besorgnisse ängstigten und die ihnen verliehene Vernunft durch Vorurtheile und Aberglauben verdunkelten. Wie nützlich, ja wie nothwendig ist es daher, das Licht der Wissenschaften, mit dem allein wir jene Vorurtheile besiegen können, zu unserer wahren Bildung mit allem Fleisse zu verwenden und uns dadurch in eine Lage zu versetzen, wo wir keinen Rückfall mehr in jene finsteren Jahrhunderte der Unwissenheit zu befürchten haben. Erhalten wir also mit innigster Sorgfalt diese höchste Wohlthat unseres Geschlechtes, diesen köstlichen, von unseren Vorgängern ererbten Schatz, diese veredelnden »Kenntnisse, die Wonne denkender Wesen, welche uns beglückt hat mit der Zerstreuung von eitel Furcht und Schrecken, von Aberglauben und allen den Uebeln, die aus fehlerhaften Ansichten unserer Beziehungen zur Natur entspringen, Ansichten, die sofort wieder auftauchten, wenn die Fackel der Wissenschaften erlöschte«. *(Lapl. Expos.)*

§. 173. (Bewohner der Kometen.) Da wir, so weit unsere Erfahrungen reichen, alles in der Natur von lebenden Wesen bewohnt finden, so können wir nicht gut annehmen, dass die Kometen, diese grossen Weltkörper, deren Anzahl, wie wir gesehen haben, viele Tausende übertrifft, ganz ohne alle lebenden Geschöpfe sein sollten. Da aber diese Kometen von allen anderen Himmelskörpern in ihrem Aeussern sowohl, als auch wahrscheinlich in ihrer inneren Structur so sehr verschieden sind, so wird ohne Zweifel der Unterschied derjenigen Wesen, welche sie bewohnen, von denen der Erde und der übrigen Planeten ebenfalls ganz ausserordentlich sein. Allein welche Eigenschaften soll man ihnen nun beilegen? — Als Fontenelle von seiner neugierigen Marquise über die

Bewohner der Planeten befragt wurde, antwortete er: »Madame, ich kenne sie nicht und weiss daher nichts von ihnen zu sagen.« — Unsere Leser werden es uns nicht übel deuten, wenn wir ihnen auf ihr Fragen von den Bewohnern der Kometen, mit noch grösserem Rechte, wie wir glauben, dieselbe Antwort geben. Gibt es doch in der Astronomie nicht bloss, sondern in beinahe allen andern Wissenschaften noch gar manche, für uns in der That um Vieles wichtigere Fragen, auf die wir alle auch keine bessere Antwort haben.

Welcher Art aber auch die Bewohner der Kometen sein mögen: wenn sie an dem Höchsten, was dem Menschen hienieden dargeboten wird, wenn sie an der Betrachtung der Natur und an der Kenntniss ihrer Werke Sinn und Freude haben — welche hohe Genüsse müssen ihnen vorbehalten sein, Genüsse, von denen wir uns, auf dem uns angewiesenen Standpunkte, keine weitere Vorstellung machen können, wir, die wir auf einem kleinen, beinahe unbeweglichen Punkte, wie Raupen auf ihrem Kohlblatte, leben, während sie auf ihren weitgestreckten, parabolischen Bahnen von einer Sonne, von einer Welt zur andern fliegen.

Für uns allerdings, für Wesen unserer Art, sind diese Genüsse nicht bestimmt. Wer von uns könnte jene Extreme von Licht und Finsterniss, von Hitze und Kälte ertragen, denen sie auf ihren weiten Bahnen ausgesetzt sind? Die Bewohner des Kometen von 1680 kamen der Oberfläche der Sonne so nahe, dass die Hitze, welche dadurch entstand, nach Newton's Berechnung, unsere höchste Sonnenhitze 26000mal und selbst die Hitze des weissglühenden Eisens noch 2000mal übertreffen musste; und dieselben Wesen sind wieder, zur Zeit ihres Apheliums, so weit von der Sonne entfernt, dass sie ihnen nur mehr als einer der kleinsten Fixsterne erscheint, und dass die in jenen Distanzen herrschende Kälte selbst unsere Atmosphäre in einen unserem Eise ähnlichen festen Körper verwandeln würde. Welche Organisation müssen jene Wesen haben, wenn sie diese Wechsel überdauern, wenn sie sich ihrer vielleicht sogar erfreuen können, so wie wir uns an der Abwechslung unserer Tages- und Jahreszeiten ergötzen. Welche Augen müssen es sein, die jenes blendende Licht der Sonne ohne Schmerz ertragen können, wo auch schon der erste Blick in dieselbe unsere Gesichtsorgane nicht nur blenden, sondern sogleich in Asche verwandeln würde, und die zugleich wieder in einer beinahe völligen Abwesenheit des Lichts, in einer Finsterniss, gegen welche unsere schwärzesten Nächte nur schwache Dämmerungen sind, doch noch sehen und die Wunder ihrer immer neuen Himmel betrachten können.

Doch vielleicht sind alle diese Extreme nur scheinbar, und die Natur, der ein unerschöpflicher Reichthum von Mitteln zu Gebote steht, ihre Zwecke zu erreichen, wird auch dort Wege gefunden haben, diese Hindernisse zu besiegen, oder ihnen in dem Bau und der Einrichtung ihrer Geschöpfe entgegen zu arbeiten. Wissen wir doch z. B., dass nicht die grössere Nähe der Sonne es ist, welche die höhere Temperatur unserer Sommer erzeugt, da uns die Sonne im Winter in der That näher ist, als im Sommer (*I.* §. 149). Die Erregbarkeit der Körper für Wärme durch die Sonnenstrahlen kann bei den Kometen eine ganz andere sein, als bei uns, ja sie kann dort selbst gänzlich wegfallen. Könnte nicht eben die ungeheuere Ausdehnung, welche die Masse der Kometen bei ihrer Annäherung zur Sonne erleidet, und wodurch sie grösstentheils

in eine äusserst lockere Masse aufgelöst werden, könnte diese gewaltige Ausdehnung nicht zugleich ein mächtiges Schutzmittel gegen die dort herrschende Hitze sein und eine wahre Abkühlung erzeugen? Diese Ausdehnung wird offenbar am stärksten auf der der Sonne zugekehrten Seite des Kometen sein, nach welcher daher die dichtere und kältere Materie der andern Seite mit Gewalt getrieben werden und dadurch einen immer kühlenden Strom erregen kann. Diese Ausdehnbarkeit, diese ungemeine Elasticität der Kometenmasse mag sie selbst ganz besonders gegen die Extreme der Temperatur beschützen, welchen diese Körper auf ihren weiten Reisen ausgesetzt sind. Wir wissen, dass auf den Gipfeln unserer Berge, wegen der dort schon sehr verdünnten Luft, die Kälte gewöhnlich viel grösser ist, als in den Thälern, wo die dichtere Luft die Wärme so sehr steigert. Ganz eben so, nur in einem viel höheren Grade, mag es auch mit den Kometen gehen. Wenn ihre Masse, zur Zeit der Perihelien, durch die Sonnenhitze sehr verdünnt und beinahe in eine blosse Luftart ausgedehnt wird, muss eben diese Verdünnung wieder Kühle erzeugen, und wenn im Gegentheile, in ihren Aphelien, dieselbe Masse durch die dort herrschende Kälte vielleicht zu der Dichtigkeit unserer Steine und Metalle zusammengepresst wird, muss durch eben diese Verdichtung wieder eine grosse Menge Wärme frei werden. Auf diese Weise mag den Kometen jene wunderbare, veränderliche Dunsthülle als ein für alle Fälle bequemer Reisemantel, als ein warmer Pelz im Winter und zugleich als ein kühlender Sonnenschirm im Sommer dienen. Wenn diese Himmelswanderer aus der Tiefe des Weltalls, aus jenen eisigen Regionen zu uns heran kommen, sehen wir sie, am Ende ihrer langen Winterreise, noch enge in ihr dichtes Gewand gehüllt; aber wie sie allmählich der wärmenden Sonne näher treten, lüften sie ihr Kleid und breiten es endlich, wie ein kühlendes Zelt, um sich aus, um in dem Schatten desselben, der nahen Sonne ungeachtet, eine ihnen vielleicht sehr angenehme Temperatur zu geniessen, so dass sie die Tage, welche wir für die ihnen gefahrvollsten halten, vielleicht als die fröhlichsten Feste ihrer langen Jahre zu feiern pflegen.

Kapitel XIV.

Anzahl, Entfernung und Grösse der Fixsterne.

§. 174. (Scheinbare Grösse der Fixsterne.) Bei dem ersten Anblicke des Himmels bemerken wir schon eine grosse Verschiedenheit unter den Sternen, mit welchen er bedeckt ist. Einige unter ihnen sind so hell und erscheinen uns so gross, dass wir sie gleich nach dem Untergange der Sonne erblicken, während andere, schwächere oder kleinere, erst später, wenn die Nacht mehr vorgerückt ist, sichtbar werden, und wieder andere, noch kleinere, selbst unter den günstigsten Umständen nur durch Fernröhre gesehen werden können.

Wir würden aber wohl sehr irren, wenn wir diese so auffallenden Abstufungen der Fixsterne ihrer wahren Grösse, oder auch nur ihrer Entfernung von uns zuschreiben, d. h. wenn wir sagen wollten, dass diejenigen Sterne, welche uns als die grössten erscheinen, auch in der That immer die grössten sind, oder dass sie wenigstens immer näher bei uns stehen, als die anderen.

Es ist bereits oben (*I.* Abth. Kap. *V.*) gesagt worden, dass wir über diese Entfernung, also auch über die absolute Grösse aller Fixsterne noch sehr wenig wissen, und dass wir auch nicht einen einzigen derselben kennen, von dem wir sagen könnten, dass er an Grösse unsere Sonne, auch nur in runder Zahl, hundert- oder tausend- oder selbst millionenmal übertreffe. Auch sehen wir die scheinbar grössten dieser Fixsterne, wenn wir sie durch unsere Fernröhre betrachten, nur als untheilbare und zwar desto kleinere, reinere Punkte, ohne allen merkbaren Durchmesser, je besser das Fernrohr ist, welches wir zu diesem Zwecke gebrauchen.

Wenn wir also doch noch von der Grösse dieser Fixsterne sprechen wollen, so kann diess nur von der scheinbaren Grösse, von dem grösseren oder geringeren Eindrucke gemeint sein, welchen ihre Lichtstärke auf unser Auge hervorbringt. In diesem Sinne nennen wir Sterne der ersten Grösse diejenigen, deren Eindruck auf unser Auge am stärksten ist, und so heissen dann stufenweise abwärts die immer kleineren Sterne der zweiten, dritten, bis zur sechsten Grösse, unter welchen letzten wir diejenigen zu verstehen pflegen, die man unter günstigen Umständen noch mit freiem Auge sehen kann, von ferneren Abstufungen hier einstweilen nicht zu sprechen.

§. 175. (Nähere Bestimmung der relativen Helligkeit der Fixsterne.) Die Bestimmung der Helligkeit der Gestirne bildet schon seit mehr als zweitausend Jahren einen wichtigen Gegenstand der Beobachtung, wiewohl man dabei die längste Zeit genöthigt war, sich mit blossen, oft sehr wenig sicheren Schätzungen zu begnügen. Der Sternkatalog des Hipparch im Almagest enthält die ersten Bestimmungen der relativen Helligkeit oder der Grössenklassen von mehr als 1000 Sternen, also nur von einem kleinen Theile aller mit freiem Auge sichtbaren Sterne bis einschliesslich der sechsten Grösse. Seit dieser Zeit haben die meisten Beob-

achter, namentlich diejenigen, welche sich mit der Zusammenstellung von Sternverzeichnissen beschäftigten, ihre Aufmerksamkeit auch auf eine Schätzung der Helligkeit der Fixsterne gerichtet, die aber, weil sie nicht der Hauptzweck der Beobachtungen war, sondern bloss nebenbei gemacht wurde, nur sehr roh und ungenau ausfallen konnte. Auch haben die Lage des Beobachtungsortes, der Zustand der Atmosphäre, die Beschaffenheit des Auges des Beobachters, insbesondere bei farbigen Sternen, und noch viele andere Umstände auf diese Schätzungen grossen Einfluss. Seit etwa anderthalb Jahrhunderten ist man darauf bedacht, Apparate zu erfinden, die zu eigentlichen Messungen der Helligkeit der Sterne geeignet wären; aber alle Bemühungen von Huyghens, Bouguer, Lambert, W. Herschel, Wollaston, Steinheil, J. Herschel, Schwerd, Zöllner u. a. haben bisher für die allgemeine Kenntniss der Sterngrössen nur geringen Erfolg gehabt, theils weil die von den genannten Gelehrten sonst höchst sinnreich erdachten Photometer meistens praktisch weniger brauchbar waren, theils weil eben, was vorzüglich von den sehr bequemen Instrumenten Schwerd's und Zöllner's gilt, noch keine Anwendung im Grossen davon gemacht wurde. Aber eben desshalb steht hier ein weites Feld der Untersuchung offen, und ist jede sorgfältige und fortgesetzte Thätigkeit eines lohnenden Erfolges sicher. Wie viel in dieser Sache sich auch mit freiem Auge leisten lässt, sieht man aus Argelander's trefflicher Uranometrie, die bloss auf diesem Wege die Grundlage aller künftigen Arbeiten der Art geworden ist.

Wir geben hier nach L. Seidel eine Uebersicht der relativen Helligkeit jener Fixsterne der ersten und zweiten Grösse, welche in unseren Breiten sichtbar sind, wobei die Helligkeit von Wega (α Leier) als Einheit angenommen ist.

Sterne erster Grösse.	Hellig-keit.	Sterne zweiter Grösse.	Hellig-keit.	Sterne zweiter Grösse.	Hellig-keit.
Sirius	4.285	Deneb	0.311	α gross. Bär	0.140
Wega	1.000	ε gross. Hund	0.309	γ Cassiopeja	0.139
Rigel	0.999	Pollux	0.289	α Krone	0.132
Capella	0.819	Castor	0.257	δ Orion	0.131
Arcturus	0.794	γ Orion	0.256	Polarstern	0.126
Procyon	0.700	β Stier	0.229	β gross. Bär	0.119
Atair	0.490	ζ Orion	0.221	β Walfisch	0.112
Spica	0.485	ε gross. Bär	0.214	α Widder	0.112
Fomalhaut	0 340	η gross. Bär	0.206	γ Andromeda	0.109
Regulus	0.326	ε Orion	0.191	γ gross. Bär	0.107
Aldebaran	0.303	β Fuhrmann	0.177	γ Löwe	0.104
Antares	0.291	γ Zwillinge	0.172	α Hyder	0.104
		α Perseus	0.170	β Cassiopeja	0.102
		δ gross. Hund	0.157	β Andromeda	0.096
		α Andromeda	0.155	β klein. Bär	0.094
		ζ gross. Bär	0.152	α Pegasus	0.094
		α Schlangenträger	0.145	δ Löwe	0.092
		β Löwe	0.142	β Waage	0.083

Zur Vervollständigung dieses Verzeichnisses fügen wir noch die relative Helligkeit der hellsten Sterne des südlichen Himmels nach

J. Herschel's Beobachtungen am Cap hinzu, nachdem wir sie, der leichtern Vergleichbarkeit wegen, auf die Seidel'sche Einheit (α Leier) reducirt haben.

Sterne erster Grösse.	Hellig-keit.	Sterne zweiter Grösse.	Hellig-keit.	Sterne zweiter Grösse.	Hellig-keit.
Canopus	2.72	β Kreuz	0.34	ε Schütze	0.19
α Centaurus	1.33	α Kranich	0.31	Θ Scorpion	0.18
α Eridanus	0.59	γ Kreuz	0.29	α Pfau	0.18
β Centaurus	0.53	λ Scorpion	0.26	β Kranich	0.17
α Kreuz	0.52	β Argo	0.22	σ Schütze	0.17
		γ Argo	0.22	δ Argo	0.17
		ε Argo	0.20	λ Argo	0.16
		α Dreieck	0.19		

Die hier angeführten sind, mit Ausnahme einiger veränderlicher, sämmtliche Fixsterne, welche gewöhnlich der ersten und zweiten Grösse beigezählt werden. Für die höheren Sternklassen können wir noch keine ähnlichen vollständigen Verzeichnisse liefern, da mit Ausnahme von Seidel's trefflichen photometrischen Untersuchungen, welche alle nördlichen Sterne bis zur Argelander'schen Zwischenklasse dritter bis vierter Grösse umfassen, noch nie alle Sterne oberhalb einer gewissen festgestellten Helligkeit photometrisch beobachtet wurden. Indess haben J. Herschel und Steinheil die Lichtmengen der ersten sechs Klassen im Allgemeinen zu bestimmen gesucht. Denkt man sich die Sterne durch Scheiben vorgestellt, die unter einander in demselben Verhältnisse der Wahrnehmbarkeit stehen wie Sterne der 1., 2. bis 6. Grösse, so hat man nach Steinheil folgende Durchmesser dieser Scheiben:

1. Grösse	. . . 1.00	4. Grösse	. . . 0.21
2. „	. . . 0.60	5. „	. . . 0.12
3. „	. . . 0.35	6. „	. . . 0.07

Auf unseren Planigloben des Himmels (Taf. *I. II.*) sind zu einem ersten Versuche solcher richtigen Darstellung der Sterngrösse diese Steinheil'schen Angaben benützt, statt der bisher auf Karten üblichen Bezeichnungsart, welche, das durch optische Täuschung im freien Auge hervortretende, strahlenförmige Erscheinen der Sterne nachahmend, bloss conventionelle Bedeutung hatte.

§. 176. (Veränderungen dieser Grösse der Fixsterne.) Man muss den Mangel an Genauigkeit bei den früheren Bestimmungen der relativen Helligkeit der Fixsterne sehr beklagen, weil uns dadurch die Mittel entgehen, die Veränderungen zu bestimmen, welche, den älteren Beobachtungen zufolge, an diesen Himmelskörpern vorgegangen zu sein scheinen. So galt z. B. den alten Griechen Castor als der grössere von den beiden Zwillingen, da er doch jetzt offenbar kleiner als Pollux ist. Der Stern α in der Wasserschlange (Hyder) wurde von den ältern Beobachtern zur ersten Klasse gezählt, da er doch jetzt nur mehr zur zweiten gerechnet werden kann. Die sieben schönen Sterne im Sternbilde des grossen Bären scheinen ihr Licht immerfort zu ändern, so dass bald dieser, bald jener als der grösste von allen erscheint. So gehört jetzt der

Stern *δ* in dem bekannten Vierecke dieses Sternbildes nur mehr zur vierten Klasse, da ihn doch Tycho Brahe noch in die zweite setzte.

§. 177. (Farben der Fixsterne.) Ein flüchtiger Anblick des gestirnten Himmels zeigt schon, dass uns nicht alle Fixsterne, wie die Sonne, weisses Licht zusenden. Noch deutlicher tritt diess in lichtstarken Fernröhren hervor, wo sich fast jeder hellere Stern einem für Farbeneindrücke empfindlichen Auge durch eine eigenthümliche, wenn auch meistens nur schwache Färbung charakterisirt. So sind z. B. jetzt unter den Sternen erster Grösse Sirius, Wega, Deneb, Regulus und Spica entschieden weiss. Gelbes und gelbliches Licht haben Procyon, Atair, der Polarstern und besonders *β* im kleinen Bären. Dagegen zeichnen sich, wie schon Ptolemäus bemerkte, Arcturus, Aldebaran, Pollux, Antares und Beteigeuze (*α* im Orion) durch ihr rothes Licht aus. Eben so ist nach Rümker *γ* im Kreuze von rother Farbe, und J. Herschel gibt in den Resultaten seiner Beobachtungen am Kap der guten Hoffnung ein Verzeichniss von 76 rubinrothen, teleskopischen Sternen. Bläulich ist z. B. *η* in der Leier.

Diese Farben scheinen sich bei einigen Sternen bleibend zu ändern, wovon wir ein höchst auffallendes Beispiel an Sirius haben. Ptolemäus und Seneca führen ihn unter den rothen Sternen an, während er gegenwärtig, so wie schon zu Tycho's Zeiten, mit vollkommen weissem Lichte glänzt. Es lässt sich nicht leicht entscheiden, ob dieser Farbenwechsel plötzlich erfolgt sei, oder ob ein successiver Uebergang stattgefunden habe. Letzteres ist allerdings wahrscheinlicher, und scheint in der Bemerkung von Schmidt, dass die rothe Färbung von Arcturus in den letzten Decennien nach und nach bedeutend an Intensität verloren habe, eine Bestätigung zu finden.

Einen vorübergehenden, sich jeden Augenblick wiederholenden Farbenwechsel, der zugleich mit plötzlicher Lichtab- und Zunahme verbunden ist, kennt Jedermann in dem sogenannten Funkeln der Sterne, einer Erscheinung, die Arago *(Annuaire 1852)* aus der Interferenz (*II.* §. 7) erklärt hat, durch welche von einem leuchtenden Punkte ausgehende Lichtstrahlen, indem sie in die optisch so sehr verschiedenen Schichten der Atmosphäre treten, einander afficiren, während bei leuchtenden Scheiben in dieser Beziehung stets eine Ausgleichung stattfindet, daher im Allgemeinen an der Schwäche oder dem Mangel dieses Scintillirens das geübtere Auge leicht einen Planeten von Fixsternen schon auf den ersten Blick unterscheidet.

In der neueren Zeit führen jedoch Montigny und Foucault das Funkeln auf eine einfache Dispersionserscheinung in der Atmosphäre zurück, welche durch die Luftströmungen vermehrt und intermittirend gemacht wird. Für diese Erklärung spricht, nach Liandrier, auch das bekannte Phänomen, dass kleine weisse Kiesel auf dem Grunde eines rasch fliessenden Baches stark scintilliren, wenn sie von der Sonne beleuchtet werden, und der bereits von Kämtz hervorgehobene Umstand, dass ein heftiges Funkeln der Sterne sehr häufig ein Vorbote nahenden stürmischen Wetters ist.

§. 178. (Eintheilung der kleineren Sterne.) Die sechs erwähnten Klassen sollen nur die mit freien Augen noch sichtbaren Sterne in sich begreifen. Allein ausser ihnen gibt es noch eine ungleich grössere Menge von Sternen, die man nur durch Fernröhre sehen kann. Geübte, mit

guten Teleskopen versehene Beobachter pflegen auch diese letztern in mehrere Klassen zu theilen und zwar in desto mehr, je lichtstärker das benützte Fernrohr ist, weil mit der Zunahme dieser Lichtstärke immer wieder zahlreiche neue, noch kleinere Sterne sichtbar werden. Gewöhnlich fügt man noch zehn neue Klassen hinzu, so dass man im Allgemeinen sechszehn Klassen von Fixsternen hat, deren scheinbare Grösse immer abnimmt, wie die Zahl ihrer Klasse zunimmt. Dass bei den höheren Klassen die Unbestimmtheit der Begrenzung noch wachsen muss, ist wohl für sich klar, so wie, dass man mit der letzten oder sechszehnten Klasse noch nicht den ganzen gestirnten Himmel erschöpft zu haben meinen darf. In der That finden sich auch jenseits dieser kleinsten Sterne noch andere Gegenstände, die wahrscheinlich wieder aus Sternen, aber aus so kleinen und so nahe gedrängten Sternen bestehen, dass auch unsere stärksten Fernröhre nicht mehr hinreichen, sie als solche deutlich erkennen zu lassen.

§. 179. (Anzahl der Sterne, geschlossen aus den Sternkatalogen.) Bereits in den ältesten Zeiten waren die Astronomen darauf bedacht, Sternverzeichnisse anzulegen, wohl hauptsächlich in der Absicht, den Nachkommen die Möglichkeit zu liefern, etwaige Veränderungen am Fixsternhimmel zu erkennen, wie auch in der That das plötzliche Aufleuchten eines Sternes Hipparch zur Abfassung seines Sternkataloges veranlasst haben soll. Dieser Katalog enthielt etwas mehr als 1000 Sterne, ist jedoch nicht auf uns gekommen, so dass der älteste jetzt vorhandene Sternkatalog der von Ptolemäus mit 1028 Sternen ist, in welchem wir vielleicht nichts anders als eine Reproduktion des Hipparch'schen vor uns haben. Nach diesen stellte zunächst ein Sternverzeichniss Ulugh-Bey zusammen, der in seiner Residenz Samarkand um 1437 v. Chr. alle Sterne des Ptolemäischen Kataloges von neuem beobachtete, um die Fehler, die sich in denselben eingeschlichen hatten, zu verbessern. In Europa war Tycho de Brahe der erste, welcher im Anfange des 17ten Jahrhunderts einen Sternkatalog von 777 Sternen verfasste, worauf im Jahre 1690 der von Hevel mit 1564 Sternen folgte, welcher alle früheren an Reichhaltigkeit übertraf. Auch der letztgenannte ist noch ohne Zuhülfenahme des Fernrohres verfertigt, enthält daher nur dem unbewaffneten Auge sichtbare Sterne, aber bloss einen kleinen Theil derselben, da mit den damaligen Instrumenten (Diopter etc.) nur die helleren beobachtet werden konnten. Die Anzahl der mit freiem Auge sichtbaren Sterne wechselt übrigens mit individuellen und klimatischen Verschiedenheiten ausserordentlich, weil, wie wir sogleich sehen werden, die Zahl der Sterne mit der Abnahme ihrer Helligkeit ungemein rasch zunimmt, und desshalb schon ein nur wenig schärferes Auge, oder eine nur um ein geringes grössere Klarheit des Himmels eine grosse Menge neuer Sterne sichtbar machen kann. In unseren Breiten sind nach Argelander, der sein Auge für ein normales hält, etwa 3300 Sterne sichtbar, so dass am ganzen Himmel für das freie Auge beiläufig 5000 vorhanden sein würden.

Diesen, dem freien Auge sichtbaren Sternen ist noch die unvergleichlich grössere Zahl der teleskopischen Sterne hinzuzufügen. Es haben daher unsere jetzigen Sternverzeichnisse, welche auch diese letzteren berücksichtigen, einen weitaus grösseren Umfang, als die der Alten. So begreifen, um von den zahlreichen in unserem Jahrhunderte

erschienenen nur einige der reichhaltigsten anzuführen, Bode's Uranographie 17240, die Kataloge von Schjellerup, Taylor und Rümker der Reihe nach 10000, 11000 und 12000 Sterne, und an sie schliessen sich Lalande's *Histoire Céleste* nebst den Zonenbeobachtungen von Argelander und Lamont mit je 50000 Sternen an, während die Zonen von Bessel sogar deren 70000 enthalten. Alle diese grossartigen, mühevollen Arbeiten übertrifft Argelander's vor wenigen Jahren vollendete Durchmusterung des nördlichen Himmels an Reichhaltigkeit bei weitem. Das Ziel, welches bei diesem erstaunlichen Werke erreicht werden sollte und wurde, war, sämmtliche Sterne des nördlichen Himmels bis zur 9ten Grösse hinab, und die der Zwischenklasse 9ten bis 10ten Grösse, mit andern Worten alle Sterne, die in einem Fernrohre von etwa 3 Zoll Oeffnung sichtbar sind, zu verzeichnen, und auf Grundlage dieses Verzeichnisses neue Himmelskarten zu entwerfen. Wir haben eine Zählung der Sterne dieses Verzeichnisses nach Grössenklassen vornehmen lassen, und das Resultat derselben ist, mit Ausserachtlassung der Nebelflecke und veränderlichen Sterne, von denen später die Rede sein wird, folgendes:

Grösse	1.0	bis	1.9 . . .	10	Sterne
„	2.0	„	2.9 . . .	37	„
„	3.0	„	4.0 . . .	128	„
„	4.0	„	4.9 . . .	310	„
„	5.0	„	5.9 . . .	1016	„
„	6.0	„	6.9 . . .	4328	„
„	7.0	„	7.9 . . .	13593	„
„	8.0	„	8.9 . . .	57960	„
„	9.0	„	9.5 . . .	237544	„

Die Gesammtzahl beträgt 314926, so dass, wenn man annimmt, dass die südliche Halbkugel des Himmels, für welche jetzt noch ein ähnliches Sternverzeichniss fehlt, eben so sternreich sei, als die nördliche, am ganzen Himmel 630000 Sterne bis zur 9ten bis 10ten Grösse vorkämen: wären sie am Himmel gleichmässig vertheilt, so kämen auf jeden Raum von der scheinbaren Ausdehnung der Mondscheibe drei Sterne.

§. 180. (Andere Bestimmung der Anzahl der Sterne.) Allein auch diese riesig grosse Zahl von Sternen ist noch viel zu klein, wenn es sich um die Gesammtzahl aller handelt. Wir haben nämlich bereits früher bemerkt (§. 178), dass man in den lichtstärksten Fernröhren sechszehn Klassen von Fixsternen unterscheidet, während oben nur noch jene der 9. bis 10. Klasse aufgeführt sind. Da jedoch in den letzten Klassen die Sternzahl erstaunlich rasch wächst, so kann man einstweilen nicht daran denken, die Gesammtzahl aller sichtbaren Sterne durch direkte Zählungen zu ermitteln. Man hat daher diesen Zweck durch Schätzungen zu erreichen versucht, wiewohl diess Verfahren begreiflicherweise nur zu einem genäherten Resultate führen kann, da man, um die Anzahl der Gestirne mit Genauigkeit schätzen zu können, ihre gegenseitige Lichtstärke, ihre Grössenverhältnisse und ihre Vertheilung im Raume kennen müsste, lauter Dinge, von denen wir so gut als nichts wissen. Wir müssen uns daher erlauben, hypothetische Annahmen darüber zu machen, und da bieten sich uns als die natürlichsten die dar, dass die Sterne im Mittel alle gleich gross und gleich lichtstark sind.

uns also nur wegen ihrer verschiedenen Entfernungen so ungleich gross erscheinen, und dass sie unter einander im Durchschnitte alle eine nahe gleiche Entfernung haben. Für diese Entfernung müssen wir vorläufig das Mittel aller bisher gemessenen Fixsternentfernungen (S. 121) annehmen, welches, wie man leicht sieht, beiläufig der Entfernung des Sirius gleichkommt, und desshalb der Kürze wegen als Siriusweite bezeichnet werden möge, während wir künftig eine Entfernung von 200000 Sonnenweiten oder 4 Billionen Meilen, die gleich ist der Distanz des — so viel uns bisher bekannt — nächsten Sternes (α Centaur) von der Sonne, eine Sternenweite nennen wollen. Unter diesen Voraussetzungen muss die Zahl der innerhalb verschiedener Kugelräume befindlichen Sterne diesen Kugelräumen proportional sein. Die letzteren verhalten sich bekanntlich wie die Würfel ihrer Halbmesser r, und es verhalten sich daher diese Halbmesser wie die Kubikwurzeln aus der Zahl der Sterne. Darnach findet man ohne Mühe aus den oben mitgetheilten Daten (§. 179) zwanzig Siriusweiten für die Ausdehnung des Sternenhimmels bis zu den Sternen der Grösse 8.9. Es würden sich überhaupt, wären in aller Strenge die Sterne gleichmässig vertheilt, erstrecken die Sterne:

1.0	bis	1.9	Grösse		bis zu	$r = 1.0$	und	ihre Zahl	wäre	9
2.0	„	2.9	„	von	$r = 1.0$ bis	$r = 1.6$	„	„	„	25
3.0	„	3.9	„	„	$r = 1.6$ „	$r = 2.4$	„	„	„	88
4.0	„	4.9	„	„	$r = 2.4$ „	$r = 3.7$	„	„	„	321
5.0	„	5.9	„	„	$r = 3.7$ „	$r = 5.6$	„	„	„	1166
6.0	„	6.9	„	„	$r = 5.6$ „	$r = 8.6$	„	„	„	4237
7.0	„	7.9	„	„	$r = 8.6$ „	$r = 13.2$	„	„	„	15399
8.0	„	8.9	„	„	$r = 13.2$ „	$r = 20.3$	„	„	„	55959

Vergleicht man diese Zahlen mit den durch die wirkliche Zählung erhaltenen, so ist die Uebereinstimmung beider insbesondere in den höheren Grössenklassen, wo die individuellen Verschiedenheiten wegen der grösseren Sternzahl sich bereits auszugleichen beginnen, so gut, als man nur überhaupt erwarten kann, zum Beweise, dass innerhalb der betrachteten Grössenklassen die angenommene gleichmässige Vertheilung im Raume wenigstens näherungsweise richtig ist. Rechnet man nun nach diesem Gesetze weiter, so erhält man für die Entfernung der Sterne sechszehnter Grösse $r = 634$ Siriusweiten, und für die Zahl aller Sterne bis zu dieser Grössenklasse 2350 Millionen. Darnach würde der gesammte Himmel in unseren stärksten Fernröhren 4700 Millionen Sterne zeigen, da die hier gegebenen Zahlen sich nur auf die Hälfte desselben beziehen.

§. 181. (Bemerkungen zu dieser Berechnungsweise.) Wenn, wie bisher vorausgesetzt wurde, die Fixsterne sich ohne Unterbrechung immer weiter und weiter gleichmässig durch den endlosen Raum ausbreiten würden, müssten wir offenbar an jeder Stelle des Himmels, auf die wir ein Fernrohr richten, eine gleiche Zahl von Sternen erblicken. Diess ist nun in der Wirklichkeit keineswegs der Fall, sondern die Zahl der auf einmal in einem gewissen Fernrohre sichtbaren Sterne wechselt an den verschiedenen Partien des Himmels sehr bedeutend. So z. B. sah Herschel d. ä. bei seinen Sternzählungen mit einem zwanzigfüssigen Reflektor in den sternärmsten Regionen des Himmels oft nur 3 bis 4 Sterne

auf einmal im Gesichtsfelde, während diese Zahl an andern, sternreichen Gegenden sogar bis auf 588 stieg. Ja stellenweise stehen sie so gedrängt, dass ein eigentliches Zählen gar nicht mehr ausführbar ist, wie in der Gegend der Keule Orion's, wo Herschel in einem Streifen von 15 Grad Länge und 2 Grad Breite mehr als 50000 Sterne, die er alle noch deutlich erkennen konnte, durch das Feld seines Fernrohres gehen sah. Und selbst diess ist noch keineswegs die sternreichste Gegend, die wir kennen. Schon Huyghens sah mit seinem noch unvollkommenen Fernrohre, dessen Feld sehr klein war, im Schwerte Orions über 2000 Sterne auf einmal, und Herschel d. ä. in der Nähe der Milchstrasse nach seiner Schätzung einmal während 41 Zeitminuten nicht weniger als 258000 Sterne, ein andermal sogar in einer Viertelstunde bereits 116000 durch das Feld seines zwanzigfüssigen Reflektors ziehen.

§. 182. (Form unseres Fixsternhimmels.) Diese Erscheinung begreift sich am leichtesten, wenn man annimmt, dass sich nicht ohne Unterbrechung fort und fort in's Unbegrenzte ein Stern an den andern reiht, sondern dass im Gegentheil das uns umgebende Sternenheer allseitig von bestimmten Grenzen eingeschlossen sei, jenseits welcher weite sternenlose Räume sich ausbreiten, denen wir in gewissen Richtungen näher stehen als in andern. Es gewinnt diese Ansicht noch dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass nach den Untersuchungen der beiden Herschel die sternreichen Partien nicht regellos am Himmel zerstreut sind, sondern im Gegentheile mit der Annäherung an jenen breiten lichten Streifen, der jedem unter der Benennung der Milchstrasse bekannt ist, die Sternenfülle ganz regelmässig zunimmt. Die Milchstrasse umzieht in Gestalt eines grössten Kreises von ungleicher Breite den ganzen Himmel, und es war W. Herschel der erste, dem es gelang, durch seine lichtstarken Fernröhre die Milchstrasse wenigstens in den meisten Theilen in kleine äusserst dicht gedrängte Sterne aufzulösen. Was nun die erwähnte Zunahme der Sternzahl von den Polen der Milchstrasse gegen sie selbst hin betrifft, ist dieselbe aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich, die W. Struve nach den Sternzählungen W. Herschels für die nördliche, und J. Herschel aus seinen eigenen für die südliche Hemisphäre gibt.

Zonen der Distanz von den Polen der Milchstrasse.	Mittl. Sternzahl in einem Gesichtsfeld von 15′ Durchm. W. Struve.	J. Herschel.
0° — 15°	4.32	6.05
15 — 30	5.42	6.62
30 — 45	8.21	9.08
45 — 60	13.61	13.49
60 — 75	24.09	26.29
75 — 90	53.43	59.06

W. Herschel hat es wahrscheinlich gemacht, und auch der regelmässige Gang der vorstehenden Zahlen spricht dafür, dass diese ganze Sammlung von Sternen die Gestalt einer Linse habe, und dass wir oder unser Planetensystem, nicht eben sehr weit von dem Mittelpunkte dieses ungeheuren, linsenförmigen Gebäudes stehen, wodurch es uns eben in der Gestalt erscheint, in welcher wir es am Himmel erblicken. Wenn wir nämlich unser Auge gegen die scharfe Kante dieser Linse erheben, so sehen wir unzählige, dicht gedrängte Sterne hinter einander, während

wir, wenn wir den Blick gegen die Mitte der beiden grossen Seitenflächen der Linse, d. h. gegen die beiden Pole derselben richten, nur wenigen und weit aus einander stehenden Sternen begegnen. Dort sehen wir von dem tiefen, dichten Walde des Himmels sehr viele und auch sehr weit entfernte, und desshalb scheinbar dicht an einander stehende Bäume, während wir hier, bei der geringen Breite des Waldes, nur die wenigen, uns zur Seite stehenden Bäume desselben erblicken. Jene beiden Pole der Milchstrasse sind in der Nähe des Haupthaares der Berenice und der Bildhauerwerkstätte, und es ist selbst einem unerfahrenen Beobachter sehr auffallend, wenn er zufällig mit seinem Fernrohre diese beiden Gegenden des Himmels trifft und sie beinahe ganz sternleer findet.

Man kann aber noch weiter gehen, und aus der Zahl der auf einmal im Gesichtsfelde des Fernrohres sichtbaren Sterne, die Form des Sternhaufens, in welchem wir uns befinden, und unsere Stellung in demselben näher ermitteln, wenn man nur wieder, wie bisher, immer annimmt, die Sterne seien gleichmässig im Raume vertheilt.

Denken wir uns nämlich einen Kegel, dessen Scheitel im Auge des Beobachters, oder was hier dasselbe ist, in dem Mittelpunkte der Sonne ruht, und dessen Winkel am Scheitel volle neunzig Grade beträgt. Dieser Kegel umfasst daher den vierten Theil des ganzen Himmels, und seine Axe bildet mit den Seitenlinien einen Winkel von 45 Graden.

Es werde nun dieser Kegel durch mehrere senkrecht auf seiner Axe stehende Ebenen geschnitten. Die erste dieser Ebenen soll von dem Scheitel des Kegels um eine, die zweite um zwei, die dritte um drei Siriusweiten u. f. abstehen. Diess vorausgesetzt, wird die erste Ebene die Oberfläche des Kegels in einem Kreise schneiden, dessen Halbmesser gleich einer Siriusweite ist, und in dessen Peripherie man also 6 Sterne annehmen kann, die alle unter sich um eine Siriusweite entfernt sind. Diess gibt daher 6, und mit dem Sterne in dem Mittelpunkte des Kreises, 7 Sterne in der ersten Ebene.

Die zweite Ebene schneidet den Kegel in einem Kreise, dessen Halbmesser zwei Siriusweiten beträgt, und in dessen Peripherie sich daher 12 gleich weit von einander stehende Sterne annehmen lassen. Allein um den Mittelpunkt dieses Kreises lässt sich auch noch ein anderer, mit jenem concentrischer Kreis ziehen, der genau so gross ist, wie jener auf der ersten Ebene, und der daher ebenfalls wieder 6 Sterne in seine Peripherie aufnehmen kann. Diess gibt zusammen 12 und 6, oder sammt dem Sterne in dem Mittelpunkte dieser beiden Kreise, 19 Fixsterne in der zweiten Ebene.

In der dritten Ebene wird man eben so drei concentrische Kreise ziehen, deren Halbmesser 1, 2, 3 Siriusweiten betragen, und von welchen der erste oder kleinste 6, der zweite 12 und der dritte 18 Sterne enthält, so dass also diese dritte Ebene in Allem 37 Sterne aufnehmen kann.

Eben so wird die vierte Ebene 61, die fünfte 91, die sechste 127 Sterne enthalten u. s. w.

Lässt man daher die Sonne im Scheitel dieses Kegels auch für einen Stern gelten, so erhält man, wenn man diese Zahlen addirt, in dem ganzen Kegelraume von dem Scheitel

bis zum	*I*ten	Schnitte	8 Sterne
„ „	*II*ten	„	27 „
„ „	*III*ten	„	64 „
„ „	*IV*ten	„	125 „ u. s. w.

Diese Zahlen sind aber, wie man sogleich sieht, die Würfel der natürlichen Zahlen, 2, 3, 4, 5, also folgt, dass man überhaupt in dem Kegelraume von dem Scheitel bis zu dem *n*ten Schnitte n^3 Sterne erhält, wenn man den Scheitel selbst für die erste schneidende Ebene rechnet.

Legt man nun in die Axe dieses Kegels ein Fernrohr, so wird man damit ebenfalls einen kreisförmigen Raum des Himmels übersehen, und wenn man dann von allen Punkten der Peripherie dieses Kreises gerade Linien nach dem Auge des Beobachters zieht, so wird man einen anderen, obgleich viel kleineren Kegel erhalten, der mit jenem grossen einerlei Scheitel, dieselbe Axe und gleiche Höhe hat. Die von den beiden Kegeln eingeschlossenen Räume verhalten sich aber dann bekanntlich wie die Quadrate der Halbmesser ihrer Grundflächen. Diese Halbmesser sind aber den Tangenten des Winkels der Achse mit den Seitenlinien proportional, und es verhalten sich desshalb auch beide Kegel wie die Quadrate der Tangenten des Winkels an der Axe.

Der Halbmesser des kreisförmigen Feldes des Fernrohres, d. h. der Halbmesser der Basis des kleinen Kegels betrug bei dem von W. Herschel gebrauchten zwanzigfüssigen Spiegelteleskope 0° 7' 32'', und von diesem Winkel ist das Quadrat seiner Tangente gleich 0.000004802. Der Halbmesser der Basis des grossen Kegels aber beträgt 45 Grade, und von diesem Winkel ist die Tangente gleich der Einheit. Der grosse Kegel verhält sich daher zu dem vom Fernrohre am Himmel abgeschnittenen wie 1 zu 0.000004802.

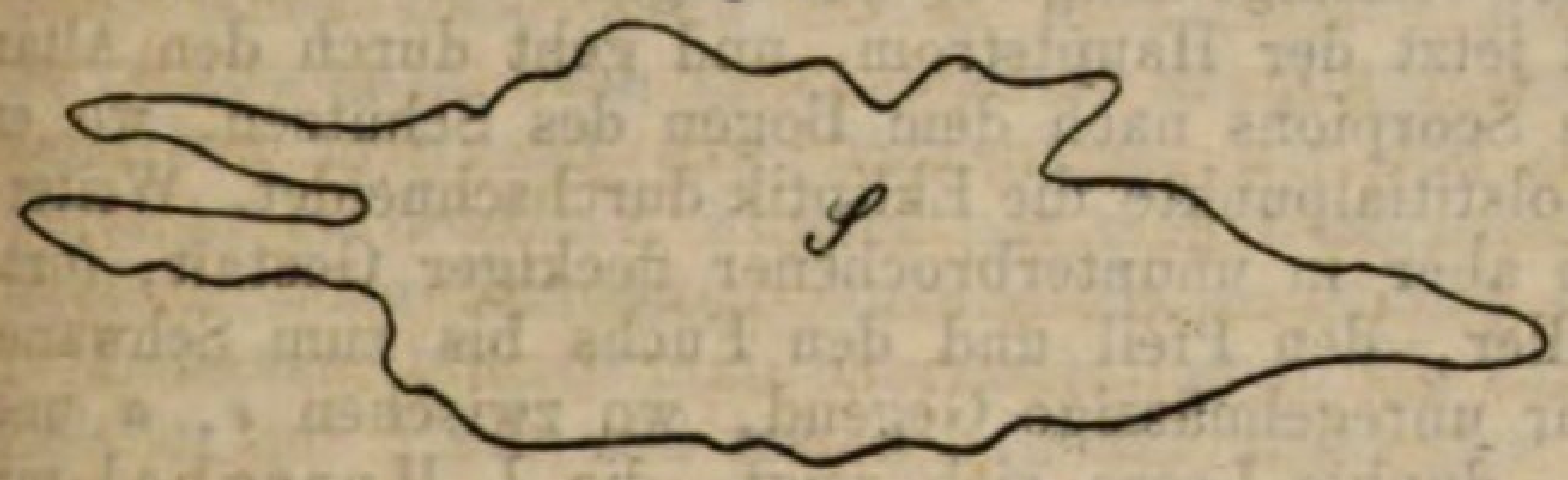
Allein dieselben Kegelräume verhalten sich auch wie die Anzahl der in ihnen enthaltenen, von einander gleichweit abstehenden Sterne. In dem grossen Kegel gibt es, wie wir gesehen haben, n^3 Sterne, wenn man ihn bis zum *n*ten Schnitte fortsetzt; man erhält daher, wenn man durch das Feld jenes Fernrohres auf einmal a Sterne am Himmel erblickt, die Proportion $n^3 : a = 1 : 0.000004802$. Daraus folgt aber, dass die gesuchte Grösse n gleich ist der Kubikwurzel aus der Zahl a dividirt durch 0.000004802 oder, was dasselbe ist, aus der Zahl 208244 a.

Es kommt also nur noch darauf an zu wissen, wie viel Sterne man durch das Fernrohr an jedem Orte des Himmels sieht. Nehmen wir nun Herschel's Zählungen in den sternreichsten Gegenden, so ist nach dem obigen $a = 588$ und daher $n = 497$. Das heisst: die weitesten der Sterne, die wir an dieser Stelle des Himmels erblicken, sind 497 Siriusweiten von uns entfernt. Eben so ist für die sternleersten Gegenden $a = 3$, daher $n = 79$, mit andern Worten, an diesen Stellen ist die Grenze des Fixsternconglomerates bereits in 79 Siriusweiten anzutreffen.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, liefern uns derartige Sternzählungen ein Mittel die Ausdehnung unseres Sternenhimmels in den verschiedenen Richtungen kennen zu lernen, und man hat sie aus diesem Grunde Sternaichungen genannt. Sind nun solche Sternaichungen über den ganzen Himmel vertheilt, so kann man die den

einzelnen Aichungen entsprechenden Entfernungen der äussersten Sterne berechnen, und diesen Entfernungen proportionale Linien in den richtigen Lagen, um einen Punkt, der unsern Standpunkt vorstellt, legen, und indem man die Enden dieser Linien verbindet, einen Körper herstellen, welcher die Form unseres Fixsternhaufens so genau wiedergibt, als es die vorhandenen Aichungen gestatten. Ein Durchschnitt dieses Körpers, der durch die Sternbilder: Adler, Wassermann, südliche Fische, Walfisch, Eridanus, Einhorn, Wasserschlange, Löwe, Haupthaar der Berenice, Jagdhunde, Krone und Herkules geführt ist, hat nach Herschel die in Figur 98 dargestellte Form, in welcher *S* den Ort unseres Planetensystems bezeichnet.

Fig. 98.



Die Gesammtzahl der im Fixsternkomplexe enthaltenen Sterne schätzt Herschel auf 20000000 und damit stimmt auch W. Struve überein, der Herschel's Sternaichungen in seinen *Études d'astronomie stellaire* einer sehr eingehenden Diskussion unterworfen hat.

Das oben gegebene Diagramm ist jedoch nur dann ein treues Abbild einer Sektion unserer Fixsternwelt, wenn die Voraussetzung richtig ist, dass nirgends lokale und weit ausgedehnte Sternanhäufungen vorkommen. Sternanhäufungen scheinen aber in der That an manchen Stellen sich vorzufinden, wie bereits Herschel d. ä. und in neuerer Zeit insbesondere W. Struve hervorgehoben haben. Dieselben müssen in den Begrenzungslinien unseres Sternsystems Modificationen bedingen, die wir aber vorläufig noch nicht genauer angeben können, da wir die Unregelmässigkeiten der Sternaustheilung noch viel zu wenig kennen.

§. 183. (Beschreibung der Milchstrasse nach J. Herschel.) J. Herschel hat zuerst eine genaue Beschreibung des ganzen Verlaufs der Milchstrasse gegeben. Nach ihm geht sie, wenn wir im Sternbilde der Cassiopeja beginnen, zwischen γ und ε Cassiopeja durch, wo sich ein Nebenzweig von ihr trennt, der eine südlichere Richtung über ε Perseus nimmt, und sich in der Nähe der Plejaden und Hyaden verliert. Der Hauptstrom geht mit sehr geringer Helligkeit über die Ziege im Fuhrmanne, die Füsse der Zwillinge, die Hörner des Stieres, das Sommersolstitium der Ekliptik und die Keule des Orion nach dem Aequator, den er am Halse des Einhorns schneidet. Von hier an nimmt die Helligkeit beträchtlich zu. Am Hintertheile des Schiffes geht ein Zweig südlich ab bis γ Argo, wo er plötzlich abbricht. Der Hauptstrom geht fort bis 33° südlicher Deklination, wo er fächerförmig getheilt und bei 20° breit ebenfalls abbricht, was von γ bis λ Argo eine Lücke in der Milchstrasse bildet. Mit derselben Breite beginnt sie dann wieder, wird aber an den Füssen des Centaurus und gegen das südliche Kreuz immer enger, bis sie endlich in einen Streifen von nur 3 bis 4 Graden ausläuft. Bald darauf dehnt sie sich aber wieder zu einer hellen und breiten Masse aus, welche die Sterne β Centaur, α und β Kreuz einschliesst, und in deren Mitte der schwarze, birnförmige Kohlensack liegt, eine sehr merkwürdige Gegend des südlichen Himmels, die ihre auffallende Dunkelheit

nicht etwa einer besonderen Armuth an Sternen — im Fernrohre entdeckt man deren sehr viele, ja sogar Sternhaufen an dieser Stelle — sondern dem Contraste mit einer der hellsten Gegenden der Milchstrasse verdankt, die unmittelbar und beinahe ohne allen Uebergang den Kohlensack rings umschliesst. (Siehe Atlas des gestirnten Himmels Fig. 51.)

In dieser Region, etwas unterhalb des Kohlensackes, ist die Milchstrasse dem Südpole am nächsten. Bei α Centaur tritt die Haupttheilung derselben ein. Zuerst von α Centaur aus gerechnet, geht ein schmaler Zug nördlich nach dem Sternbilde des Wolfes, wo er sich verliert. Dann zeigt sich eine Theilung beim Winkelmass in der Nähe von γ des Lineals. Der nördlichere Zweig bildet unregelmässige Formen bis gegen den Fuss des Schlangenträgers, wo er ganz verschwindet; der südlichste Zweig wird jetzt der Hauptstrom, und geht durch den Altar und den Schwanz des Scorpions nach dem Bogen des Schützen, wo er ganz nahe im Wintersolstitialpunkte die Ekliptik durchschneidet. Weiterhin erkennt man ihn aber in ununterbrochener fleckiger Gestalt, fortlaufend durch den Adler, den Pfeil und den Fuchs bis zum Schwane. Hier beginnt eine sehr unregelmässige Gegend, wo zwischen ϵ, α und γ Schwan eine breite, dunkle Leere sich zeigt, die J. Herschel mit dem Kohlensacke im südlichen Kreuze vergleicht, und die gleichsam einen Mittelpunkt bildet, von dem drei Ströme auslaufen. Einer derselben von grösserer Lichtstärke, kann gleichsam rückwärts über β Schwan und s Adler verfolgt werden, jedoch ohne sich mit dem bereits oben erwähnten, bis zum Fusse des Ophiuchus gehenden Zweige zu vereinigen. Ein bedeutender Seitenarm der Milchstrasse dehnt sich ausserdem noch am Kopfe des Cepheus, also in der Nähe der Cassiopeja, von welcher Constellation an wir die Beschreibung der Milchstrasse begonnen haben, nach dem kleinen Bären und dem Nordpole hin aus.

§. 184. (Andere Milchstrassen.) Da wir, wie gesagt, nahe in der Mitte eines linsenförmigen Sternenheeres uns befinden, so scheint uns die Kante oder der hellste Theil desselben in der Gestalt eines grössten Kreises um den Himmel zu ziehen. Wenn aber unser Auge von dem Mittelpunkte dieser Bahn oder dieses grössten Kreises um den ganzen Durchmesser dieses Kreises entfernt wäre, so würden wir die Milchstrasse nur als einen Ring oder als eine Scheibe von 53 Graden im Durchmesser sehen. In der Entfernung von 100 Durchmessern würden wir die ganze Milchstrasse nur mehr unter einem Winkel von 36 Minuten im Durchmesser erblicken, somit kleiner, als den bekannten Nebelfleck in der Andromeda, der ebenfalls eine linsenförmige Gestalt hat.

Wie also, wenn dieser letzte Nebel selbst wieder eine, aber eine so weit von uns entfernte Milchstrasse wäre, dass wir die einzelnen Sterne derselben nicht mehr unterscheiden können, so dass uns das Ganze nur mehr als eine schwache Lichtwolke erscheint? Solcher Nebel gibt es aber noch viele am Himmel, und die Muthmassung, welche wir hier aufgestellt haben, hat wenigstens sehr viel Wahrscheinlichkeit. — In der That hat auch schon Herschel d. ä. mehrere dieser wunderbaren Gebilde des Himmels noch als sehr gedrängte Sternhaufen erkannt; seine mächtigen Fernröhre haben eine grosse Menge von sehr kleinen und äusserst dicht gedrängten Sternchen in ihnen erkennen lassen, während andere, wahrscheinlich noch viel weiter entfernte, sich nicht mehr in Sterne auflösen liessen, und selbst in seinen

stärksten Teleskopen immer noch die frühere Nebelgestalt beibehielten, und er hat daraus den Schluss gezogen, dass diese letzten wenigstens gegen 10000 Siriusweiten von uns entfernt sein müssen.

§. 185. (Daraus folgende Anzahl der Fixsterne.) Wenn nun dies Alles sich in der That so verhält, wer wird es dann noch unternehmen, die Sterne des Himmels zu zählen? — Offenbar führen uns die vorhergehenden Betrachtungen dahin, die Anzahl der Fixsterne als ganz unzählbar, als wahrhaft unendlich gross anzunehmen. Wir sind gleichsam gezwungen, den Weltraum nach allen Richtungen hin als unbegrenzt und überall ohne Ende alle Gegenden desselben von Himmelskörpern eingenommen vorauszusetzen. Zwar ist es uns, bei unserer Beschränktheit unmöglich, einen nach allen Seiten grenzenlosen Raum zu denken, aber ist es uns nicht eben so unmöglich, die Natur und die schaffende Kraft derselben in irgend einer Beziehung, der Zeit oder des Raumes, beschränkt zu denken? Können wir eine Ursache angeben, welche diese Kraft in ihrer Thätigkeit aufzuhalten im Stande ist?

Indessen, könnte man einwenden, wenn die Zahl der Sterne des Himmels in der That, und im eigentlichen Sinne des Wortes unendlich sein soll, so müsste auch jeder unserer Gesichtsstrahlen auf einen, ja selbst wieder auf unendlich viele hinter einander stehende Sterne stossen, und die Folge davon müsste sein, dass uns der Himmel in allen seinen Punkten mit Sternen g a n z bedeckt, dass uns jeder Punkt desselben ganz eben so hell, als die Sonne, erscheinen würde. Weil diess nun offenbar gegen alle Erfahrung ist, so kann auch jene Voraussetzung einer wahrhaft unendlichen Zahl von Fixsternen n i c h t zugelassen werden.

Dagegen ist vor allem zu bemerken, dass die Lichtintensität mit der Entfernung des Gegenstandes nicht etwa im einfachen, sondern im quadratischen Verhältnisse abnimmt, so dass ein Stern, wenn er in die 10fache Entfernung von uns versetzt würde, uns 100mal schwächer erschiene, in der 10000fachen aber bereits 100 Millionenmal. Zu dieser, durch die Entfernung allein bedingten Helligkeitsabnahme, tritt aber noch eine andere Quelle von Lichtveränderung. Wir haben nämlich, unseren Erfahrungen zufolge, noch nirgends in der ganzen Natur einen völlig leeren Raum angetroffen, und es ist daher auch nicht wahrscheinlich, dass die grossen Räume, welche unsere Planeten, und die noch viel grösseren, welche die Sonnensysteme unserer Milchstrasse, und welche diese Milchstrassen selbst von einander trennen, ganz leer und von keiner Materie ausgefüllt sein sollten. Ueberdiess haben wir in den neuesten Zeiten eine Gattung von direktem Beweis für die Existenz eines solchen Aethers, oder wie man diese Materie sonst nennen mag, an dem Kometen von $3\frac{3}{10}$ Jahren Umlaufszeit erhalten, von dem wir oben (*II.* §. 159) gesprochen haben. Welcher Art dieser Aether, wie gross auch seine Feinheit und Durchsichtigkeit sein mag, so wird er doch das Licht der Fixsterne, das sich in dem Mittel des Aethers bewegt, schwächen müssen, und die Folge dieser Schwächung wird endlich sein, dass dieses Licht nicht mehr bis zu uns vordringen kann, oder doch einen ganz unmerklichen Eindruck auf unser Auge machen muss. Nehmen wir mit O l b e r s, dem wir die Untersuchung dieses Gegenstandes verdanken, an, dass von 800 Strahlen, die uns ein Stern, der eine Sternweite (4 Bill. Meilen) von uns entfernt ist, zusendet, auch nur ein einziger durch den

Widerstand des Aethers verloren geht, so wird, wie man durch eine einfache Rechnung findet, die Helligkeit eines Sternes, wenn sie in der Entfernung einer Sternweite gleich der Einheit gesetzt wird, in der Entfernung von 84 Sternweiten nur mehr $^9/_{10}$ sein, also bereits $^1/_{10}$ ihrer früheren Helligkeit verloren haben. In der Distanz von 554 Sternweiten wird diese Helligkeit nur mehr $^1/_2$, in der Distanz von 5500 Sternweiten aber bloss $^1/_{1000}$ ihrer ursprünglichen Grösse betragen, und in der von 10000 Sternweiten schon zu dem 300000sten Theile herabgesunken sein. Rechnet man nun noch dazu die oben erwähnte Lichtabnahme, so sieht man, dass ein Gestirn in einer Entfernung von 10,000 Sternweiten bereits 30 Billionenmal schwächer leuchtet, als wenn es bloss eine Sternweite von uns abstehen würde. Es werden daher schon sehr viele und dicht gedrängte Sterne erfordert werden, um einen so weit von uns entfernten Sternhaufen, selbst in der dunkelsten Nacht, noch als einen matten, blassen Nebelfleck erkennen zu lassen.

Der oben erwähnte Einwurf hindert uns demnach nicht, die Anzahl der Sterne in der That als unendlich, und den Weltraum nach allen Richtungen als völlig unbegrenzt anzunehmen.

§. 186. (Wahre Grösse der Fixsterne.) Wenn man den scheinbaren Halbmesser $\varDelta$ eines Fixsterns oder den Winkel kennt, unter welchem dieser Halbmesser unserem Auge erscheint, und wenn überdiess die Entfernung r dieses Sterns von uns bekannt ist, so findet man daraus leicht auch die absolute Grösse diesses Halbmessers a in irgend einem uns gewöhnlichen Masse ausgedrückt. Wird z. B. der scheinbare Halbmesser $\varDelta$ in Sekunden und die Entfernung r in Erdweiten, deren jede nahe 20 Millionen Meilen beträgt, ausgedrückt, so ist der wahre Halbmesser a des Sternes gleich r multiplicirt in den Sinus von $\varDelta$ oder auch, der wahre Halbmesser a ist gleich dem Produkte von r und $\varDelta$ multiplicirt in die Zahl 0.000004848.

Diese Entfernung r aber findet man aus der jährlichen Parallaxe π des Sternes (*I.* §. 68), das heisst, aus dem Winkel, unter welchem von einem Auge in dem Fixsterne der Halbmesser der Erdbahn oder die Erdweite gesehen wird. Es ist nämlich immer die Entfernung r gleich der Zahl 206260 dividirt durch die Parallaxe π, wenn dieser Winkel π in Sekunden ausgedrückt wird.

Daraus folgt zugleich, dass wenn der scheinbare Halbmesser $\varDelta$ und die Parallaxe π gegeben sind, man auch den wahren Halbmesser a als gegeben ansehen kann, da immer a gleich $\varDelta$ dividirt durch π ist.

Die vorhergehenden Gleichungen reichen hin, je zwei der vier Grössen a, r, π und $\varDelta$ zu finden, wenn die zwei anderen gegeben sind. Allein unsere Kenntnisse der Fixsterne sind noch so unvollkommen, dass nur von sehr wenigen derselben eine dieser vier Grössen mit Verlässlichkeit als bekannt angenommen werden kann (*I.* §. 74). Es bleibt uns daher nichts übrig, als willkürliche Voraussetzungen zu wagen und zuzusehen, welche Folgen sie haben würden.

Wir haben bereits oben gesagt, dass alle Fixsterne in guten Fernröhren nur als untheilbare Punkte ohne alle Dimensionen erscheinen. Nehmen wir aber z. B. an, dass der scheinbare Halbmesser der Sterne gleich $^1/_{10}$ Sekunde sei, und dass man von mehreren derselben die Parallaxe von 2, 1, $^1/_2$ Sekunde u. f. gefunden habe. Die folgende kleine Tafel gibt dann unter der Voraussetzung von $\varDelta = {}^1/_{10}$, für verschie-

dene Parallaxen π die Entfernungen r sowohl, als auch die wahren Halbmesser a in Erdweiten ausgedrückt.

Parallaxe	Entfernung	wahrer Halbmesser
π	r	a
2″	103130	1/20
1″	206260	1/10
0″.5	412529	1/5
0″.1	2062600	1.

Multiplicirt man diese Zahlen durch 20000000, so erhält man die Entfernungen und Halbmesser der Sterne in d. Meilen ausgedrückt. Da aber die Erdweite gleich 214 Sonnenhalbmessern ist, so wird man die Halbmesser a der Tafel in Sonnenhalbmessern erhalten, wenn man die Zahlen derselben mit 214 multiplicirt. So sieht man, dass ein Fixstern, dessen Parallaxe 2″, und dessen scheinbarer Halbmesser 1/10 Sek. ist, den wahren Halbmesser $a = 11$ haben, oder dass sein Halbmesser 11 mal grösser als der der Sonne sein muss. Ein Fixstern, für den $\varDelta = \pi =$ 1/10 Sekunde, wird einen Halbmesser haben, der so gross als der Halbmesser der Erdbahn oder 214 mal grösser als der Halbmesser der Sonne ist.

Der ältere Herschel glaubte aus seinen Beobachtungen folgern zu können, dass bei dem grossen Stern Wega in der Leier der scheinbare Halbmesser $\varDelta$ den sechsten Theil einer Sekunde betrage. Da er nun nach den neuesten Besimmungen 1400000 Erd- oder sieben Sternweiten von uns entfernt ist, so findet man $a = 1.1$. Dann würde also sein wahrer Halbmesser 1.1 Erdweiten betragen, oder er würde 240 mal grösser sein, als der Halbmesser der Sonne. — Wäre bei einem Fixstern $\varDelta$ sowohl als auch π gleich einer Sekunde, so würde dieser Stern 206260 Erdweiten, also nahe eine Sternweite oder 4 Billionen Meilen von uns entfernt sein, und sein wahrer Halbmesser würde gleich der Erdweite, das heisst, dieser Fixstern wäre so gross, dass er den ganzen Raum der Erdbahn mit seinem Volum ausfüllen würde. Wir haben oben von andern Himmelskörpern gesprochen, die aus der Tiefe des Weltraumes nur mehr mit einem matten Lichte zu uns herüberschimmern, und deren Entfernung Herschel auf mindestens 2000 Millionen Erdweiten geschätzt hat. Welche Ausdehnung müssen diese Körper haben, da sie auch in dieser ungeheuren Entfernung öfter noch einen scheinbaren Halbmesser von mehreren Minuten haben. Nimmt man aber diesen Halbmesser auch nur zu zehn Sekunden an, so folgt daraus durch unsere Gleichungen, wenn man $\varDelta = 10$ und $r = 2000$ Millionen setzt, dass π gleich 0.000103 Sekunden und a gleich 96960 Erdweiten sein muss, d. h. der wahre Halbmesser derselben ist nahe 21 Millionen mal grösser, als der der Sonne, oder der Durchmesser dieser Körper beträgt 4 Billionen Meilen, d. h. eine Sternweite, und aus dieser Entfernung erscheint der Halbmesser der Erdbahn, eine Distanz von mehr als 20 Millionen Meilen, nur mehr unter dem Winkel von dem zehntausendsten Theil einer Sekunde. Wenn also auch unsere Sonne so gross wäre, dass sie den ganzen Raum der Erdbahn mit ihrem Körper ausfüllte, ja wenn sie selbst noch im Durchmesser 10000 mal, also im Volum eine Billion mal grösser wäre, so würde sie doch in jener Ferne nur mehr unter dem Winkel einer Sekunde, also nahe von einem Durch-

messer erscheinen, der schon von dem sechzigsten Theile der Dicke eines gewöhnlichen Menschenhaares bedeckt wird.

Diese unsere Sonne könnte daher plötzlich erlöschen, und unser ganzes Planetensystem könnte wieder in die alte Nacht, aus der es hervorgegangen ist, zurücksinken, ohne auf jenen Himmelskörpern auch nur vermisst zu werden. — Wie klein erscheint hier jede menschliche Grösse! Wie klein selbst dieses ganze Sonnensystem gegen jenes unzählige Heer von Systemen; dieser Wassertropfen, der an einer Nadelspitze hängt, gegen jenes unendliche Meer von Welten!

§. 187. (Leuchtkraft der Sterne.) Da wir auf die eigentliche Grösse oder das Volum der Sterne nur aus dem Lichte, welches sie uns zuschicken, schliessen können, ein Schluss, der oft sehr unrichtig sein mag, indem das Licht der Sterne an sich sehr verschieden sein kann, so wollen wir noch sehen, was wir über dieses Licht der Sterne in Vergleichung mit dem unserer Sonne sagen können.

Nach den Untersuchungen von G. P. Bond ist das Licht des Vollmondes 6430 mal heller, als das des Jupiter in einer mittleren Opposition, und nach Seidel der letztere noch $8\frac{1}{4}$ mal heller als Wega (α Leier), so dass der Vollmond Wega an Intensität des Lichtes 53000 mal übertrifft. Nach den neuesten photometrischen Messungen von Zöllner ist ferner das Sonnenlicht 619000 mal intensiver als das des Vollmondes, daher verhält sich das Sonnenlicht zum Lichte von Wega ungefähr wie 33000 Millionen zur Einheit. Berücksichtigt man die Entfernung dieses Sternes (sie beträgt 1400000 Erdweiten) so wird man auf eine Leuchtkraft desselben geführt, welche 58 mal so gross ist, als die unserer Sonne. Mit Hülfe des Verhältnisses der Intensität des Sonnenlichtes zu dem der Wega, und den früher (*II.* §. 175) gegebenen relativen Helligkeiten verschiedener Sterne zu Wega, kann man nun auch leicht das Helligkeitsverhältniss dieser Sterne zur Sonne berechnen, und überdies noch bei jenen Sternen, deren Parallaxe bekannt ist, die Leuchtkraft mit der unserer Sonne vergleichen. So findet man beispielsweise für Sirius und α Centaurus die Helligkeit resp. 7660 und 24600 Millionen mal schwächer, als die der Sonne, und die Leuchtkraft gleich der 105fachen und der doppelten der Sonne. Wir sehen also aus diesen wenigen Beispielen, und viel mehr sind wir gegenwärtig nicht im Stande, zu geben, dass unsere Sonne an absoluter Leuchtkraft unter den Fixsternen eben nicht den ersten Rang einnimmt, sondern dass sie vielleicht sogar zu den minder hellen derselben zu zählen ist.

§. 188. (Eigenbewegung der Fixsterne und der Sonne.) Schon in den ältesten Zeiten haben sich die vorzüglichsten Astronomen bemüht, die Position der Fixsterne gegen gewisse feste Punkte und Kreise am Himmel zu bestimmen, theils um vollständige und genaue Sternverzeichnisse zu erhalten, und auf neu erschienene oder verschwundene Sterne leicht aufmerksam zu werden, theils um gute Anhaltspunkte für die Bewegung der Planeten und Kometen zu besitzen. Es mochte sie aber auch ein dunkles Gefühl der Möglichkeit leiten, dass jene unzählbare Menge von Fixsternen doch nicht so ganz unbeweglich sei, und, wenn diess wäre, die Kenntniss ihrer Bewegungen gewiss zu schönen Bereicherungen der Astronomie Anlass geben würde. Und in der That schon Hipparch fand durch Vergleichung seines grossen Sternkataloges mit den älteren Verzeichnissen von Timocharis und Aristyllus die Präces-

sion der Nachtgleichen. Des Ptolemäus Katalag setzte in späterer Zeit Halley in den Stand, auf die unzweideutigste Weise zu zeigen, dass nicht alle Fixsterne ihre Positionen am Himmel unverändert beibehalten, sondern dass es einige gebe, die, gleich den Planeten und Kometen, ihre Stellung gegen die übrigen merklich ändern. So ungenau nämlich das Ptolemäische Sternverzeichniss war im Vergleiche mit der Schärfe der neueren Beobachtungen, so fand Halley doch bei einigen der helleren Sterne so grosse Unterschiede zwischen den von Ptolemäus angegebenen und den aus Flamsteed's Beobachtungen abgeleiteten Breiten derselben, dass er sie nothwendig wahren Ortsveränderungen zuschreiben zu müssen glaubte. Diese Unterschiede stiegen zuweilen auf mehr als einen halben Grad. Ein Fehler von solcher Grösse ist aber selbst für eine ohne Fernrohr gemachte Beobachtung kaum möglich, um so weniger, da er bei mehreren Beobachtungen sich genau in demselben Sinne zeigt, und zwar bei so tüchtigen und vielerfahrnen Astronomen, wie jene unsterblichen Männer des Alterthums waren. Halley zweifelte also nicht mehr daran, dass einige Fixsterne eine Eigenbewegung besitzen, und Cassini *II.*, Lemonnier und vorzüglich Tobias Mayer waren die ersten, die, durch Halley's Entdeckung veranlasst, genaue Beobachtungen einer grösseren Anzahl von Fixsternen in der Absicht anstellten, die Beschaffenheit und Grösse jeder Eigenbewegungen kennen zu lernen. Mayer fand unter 80 Sternen 15 bis 20, die wirkliche Ortsveränderungen zeigten.

Inzwischen hatte Lalande aus theoretischen Gründen die Vermuthung aufgestellt, dass die Sonne ausser der Rotation um ihre Axe, die damals schon ausser Zweifel gesetzt und auch ihrer Dauer nach durch Dominik Cassini ziemlich genau hekannt war, noch eine fortschreitende Bewegung im Raum haben müsse, die aber, weil die Sonne ihr ganzes Planetensystem mit sich führe, auch allen Körpern dieses Systems gemeinschaftlich zukomme, und daher nur durch scheinbare Bewegungen ausserhalb des Sonnensystems zu erkennen sei. Es war nun wohl natürlich, zu untersuchen, ob sich nicht jene Eigenbewegungen der Fixsterne durch ein solches progressives Fortschreiten des Sonnensystems erklären lassen. In diesem Falle mussten diejenigen Sterne, auf welche die Sonne zurückt, sich von einander entfernen, diejenigen aber, von welchen sie fortrückt, sich gegenseitig nähern; die stärksten Ortsveränderungen mussten bei solchen Sternen vorkommen, die von der Richtung der Sonnenbewegung um einen rechten Winkel abstehen. Die darauf bezüglichen Untersuchungen eröffneten der ältere Herschel, Prevost und Klügel. Herschel fand, dass der Punkt, auf welchen die Sonne zugeht, 257° Rectasc. und + 27° Decl. habe; Prevost gibt dafür 230° Rectasc. und + 25° Decl.; Klügel endlich fand fast dasselbe Resultat wie Herschel, ungeachtet er eine ganz andere Methode als dieser angewendet hatte.

Diese Uebereinstimmung sprach allerdings sehr zu Gunsten einer Eigenbewegung des Sonnensystems. Nichts desto weniger erhoben sich viele Astronomen dagegen, und unter ihnen Maskelyne, indem die mit grosser Sorgfalt von ihm ausgemittelten Eigenbewegungen der 36 nach ihm benannten Fundamentalsterne sich in diese Hypothese nicht fügen wollten. Herschel zeigte zwar später, dass wenigstens

die stärkeren eigenen Bewegungen unter diesen Fundamentalsternen in die Hypothese passen, wenn man den Punkt des Himmels, gegen den die Sonne ihre Richtung nimmt, in 245° 52′ Rectasc. und + 49° 38′ Decl. setzt, und dass die Unterschiede wohl in Bewegungen ihren Grund haben könnten, die wirklich den Sternen selbst eigen sind. Aber eben aus diesen grossen, übrigbleibenden Unterschieden konnte man schliessen, dass es zur Erledigung der in Rede stehenden Untersuchung nicht ausreiche, aus wenigen Sternen auf die Richtung der Bewegung der Sonne schliessen zu wollen, wie es bisher geschehen war. Es musste also zunächst die Aufgabe der Astronomen sein, ihre Kenntnisse von den Eigenbewegungen der Fixsterne bedeutend zu vermehren, und dies war am besten dadurch zu erreichen, dass man gute Positionen vieler Sterne für zwei bedeutend von einander entfernte Zeiten abzuleiten suchte. Solche gute Positionen fanden sich nun schon in nicht unbeträchtlicher Zahl in dem Verzeichnisse von 3222 Sternen, das Bessel aus Bradley's herrlichen Beobachtungen berechnet und in seinem Werke: *Fundamenta Astronomiae etc.* mitgetheilt hat. Sie gelten nahe für das Jahr 1755. Noch reichhaltiger ist der zweite Piazzi'sche Sternkatalog, der für 1800 gilt und gegen 8000 Sterne enthält. Die von Bessel angestellte Vergleichung des Bradley'schen Verzeichnisses mit dem Piazzi'schen zeigte deutlich, dass Eigenbewegungen nicht nur, wie man früher geglaubt hatte, einzelnen Sternen eigenthümlich sind, sondern, wie man wohl auch schon aus mechanischen Gründen erwarten konnte, sehr vielen dieser Himmelskörper zukommen. Bessel fand nämlich, dass unter je 7 von Bradley und Piazzi beobachteten Sternen immer einer eine Eigenbewegung von 9 Sekunden in 45 Jahren oder auch mehr zeigt. Es war also nicht mehr zweifelhaft, dass der ganze Fixsternhimmel in Bewegung begriffen, und dass der Hauptgrund dieser Erscheinung in einer Bewegung unserer Sonne zu suchen sei.

Bessel unternahm es nun, aus diesen Eigenbewegungen die Richtung der Sonnenbewegung zu ermitteln, und benützte dazu 71 Sterne, deren jeder in 45 Jahren seinen Ort am Himmel um mehr als 20 Sekunden verändert hatte. Aber er gelangte zu keinem positiven Resultate, sondern fand, dass, je nachdem man die einen oder die andern Sterne zur Berechnung jener Richtung verwende, sich mehrere weit von einander entfernte, ja einander gerade entgegengesetzte Richtungen für das Fortrücken des Sonnensystems angeben liessen, und dass keine dieser Richtungen zu der Mehrzahl der Eigenbewegungen so nahe passte, dass man ihr vor den andern den Vorzug einräumen könnte. Es war also die von Bessel benutzte Anzahl von Sternen noch immer zu gering, und man musste daran denken, noch mehr gute Positionen von Sternen zu erhalten, die bedeutende Eigenbewegungen zeigten. Bessel machte sich an diese Arbeit, und beobachtete in den Jahren 1814 bis 1819 sehr viele Sterne zu diesem Zwecke; aber anderweitige Arbeiten hinderten ihn an der Reduktion dieser Beobachtungen. Dagegen begann Argelander im J. 1827 auf der Sternwarte zu Abo eine grosse Anzahl Sterne von bedeutender Eigenbewegung mit Hülfe eines ausgezeichneten Instrumentes von Reichenbach und Ertel zu beobachten, und es war ihm dadurch möglich, 390 Sterne zur Bestimmung der Richtung der Sonnenbewegung in Rechnung zu nehmen. Eine sehr sorgfältige Untersuchung dieser Beobachtungen ergab für den Punkt des Him-

mels, gegen welchen diese Bewegung erfolgt, sehr nahe mit Herschel übereinstimmend: Rectasc. 260° 50′.8, Decl. + 31° 17′.3 (für 1800).

Eine spätere Bestimmung desselben Punktes von O. Struve aus 392 Sternen ergab: Rectasc. 261° 27′, Decl. + 37° 36′, ein Resultat, das mit dem von Argelander gefundenen nahe zusammenfällt.

Galloway endlich fand aus Beobachtungen auf der südlichen Halbkugel sehr nahe dieselbe Richtung dieser Bewegung, nämlich gegen Rectascension 260° 1′, Declination 34° 23′. Ausser den Genannten haben sich mit diesem Gegenstande in der neueren Zeit noch viele Astronomen beschäftigt, unter andern Gauss, Lundahl, Airy und vorzüglich Mädler und Dunkin. Mädler gründete sein Resultat auf die Diskussion der Eigenbewegung jener 2163 Sterne des Bradley'schen Kataloges, deren Eigenbewegung in einem Jahrhunderte 4 Sekunden übersteigt, und gibt als Lage des Punktes (für 1800) an: $A = 261°$ 38′.5 $D = + 39°$ 53′.6. Dunkin benützte im Ganzen 1167 Sterne, die in den letzten Jahren in Greenwich häufiger beobachtet worden, und findet unter Anwendung der Airy'schen Berechnungsmethode, die von der Argelander'schen, von Mädler adoptirten ganz verschieden ist, als Punkt, gegen welchen hin die Sonnenbewegung gerichtet ist:

entweder $A = 261°\ 14'.0 \quad D = +\ 32°\ 55'.0$
oder $A = 263\ \ 43.9 \quad D = +\ 25\ \ \ 0.5$

je nachdem er annimmt, dass wir in den scheinbaren Eigenbewegungen der Sterne eine blosse Abspiegelung der Sonnenbewegung erblicken, also die Abweichungen, welche in der Richtung der Bewegung der Sterne von der durch die Sonnenbewegung geforderten vorkommen, nur den Beobachtungsfehlern zur Last fallen, oder dass diese Abweichungen ganz allein reellen Bewegungen der einzelnen Sterne, die mit der Sonnenbewegung gar nicht zusammenhängen, zuzuschreiben sind. In der Wirklichkeit wird wohl keine dieser extremen Annahmen vorhanden sein, sondern beide vereinigt auftreten, so dass man die Werthe Dunkins als die Grenzen wird betrachten können, zwischen denen der Punkt liegt, auf welchen die Sonne zugeht.

Die befriedigende Harmonie aller dieser auf den verschiedensten Wegen erhaltenen Resultate berechtigt wohl zu dem Schlusse, dass wir über die Richtung der Sonnenbewegung nicht mehr ganz im Ungewissen schweben, und die gleich Anfangs von Herschel bezeichnete Region im Herkules diejenige ist, auf welche die Sonne jetzt lossteuert.

Eine Bestätigung des eben über die Richtung der Sonnenbewegung Mitgetheilten scheint auch aus der Vertheilung der farbigen Sterne zu folgen. Nach Doppler fordert nämlich die Undulationshypothese, dass an derjenigen Stelle des Himmels, gegen welche die Sonne vorrückt, die meisten blauen und violetten, an der entgegengesetzten Stelle dagegen die Mehrzahl gelber und rother Sterne sich vorfinden. Die Beobachtungen von Sestini zu Rom deuten in der That auf eine ähnliche Vertheilung der Farben der Sterne hin, nur sind sie bei der grossen Schwierigkeit, welche die Beobachtung so schwacher Färbungen, wie sie in der Regel bei den Sternen Statt haben, darbietet, noch zu wenig zahlreich, um hierüber jetzt schon mit voller Sicherheit entscheiden zu können.

Ueberhaupt ist auch die Geschwindigkeit, mit welcher die Sonne sich bewegt, wohl zu klein, als dass sie merkliche Aenderungen in der Farbe der Sonne hervorbringen könnte.

Durch die Annahme einer solchen Sonnenbewegung sind aber die Fixsternbewegungen keineswegs vollständig erklärt. Es bleiben im Gegentheile noch sehr bedeutende Unterschiede übrig, die in reellen Bewegungen der Fixsterne selbst ihren Grund haben. Aber nach welchen Gesetzen diese Bewegungen geschehen, ob die Fixsterne mehrere besondere Systeme oder zusammen nur ein grosses Ganzes bilden, ob ein Centralkörper mit überwiegender Masse existirt, der ihre Bewegungen gewissermassen beherrscht, wie die Sonne die der Planeten und Kometen, oder ob, was wahrscheinlicher, kein solcher vorhanden ist, diese Fragen können nach den gegenwärtig vorliegenden Beobachtungen noch nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Mädler's umfangreiche Untersuchungen dieses Gegenstandes haben eine Entscheidung anzubahnen versucht.

Kapitel XV.

Doppelsterne.

§. 189. (Sternreiche Gegenden des Himmels.) Schon dem blossen Auge begegnen mehrere Stellen des Himmels, die viel dichter mit Sternen besäet sind, als andere. So zeigt sich der südliche Theil des schönen Sternbildes Orion, die Leier, die Gegend β und ξ im Stier u. f. sehr sternreich: während wieder andere, wie das Sternbild des Luchses, des Camelopards u. s. w. nur sehr wenige und kleine Sterne enthalten. Zu den letzten gehören auch die ganz dunklen Stellen des Himmels nahe am Scorpion, am Fuchse, mitten in dem grossen Lichtnebel Orion's, und endlich der sogenannte Kohlensack beim südlichen Kreuze in der südlichen Hemisphäre.

Auch sieht man häufig einzelne Sterngruppen oder Stellen, wo mehrere grössere Sterne in einem kleinen Raume zusammengedrängt erscheinen. Die Plejaden am Halse des Stiers, die auch unter dem Namen der Gluckhenne bekannt sind, enthalten auf einem Raume von kaum einem Quadratgrad einen Stern dritter Grösse, Alcyone; zwei vierter, Electra und Atlas; drei fünfter, Merope, Maja, Taygeta; zwei sechster bis siebenter, Plejone und Celaeno; einen siebenter bis achter, Asterope; und sehr viele kleinere Sterne. (Siehe Atlas des gest. Himmels Fig. 4.) Ein gutes Auge erkennt die ersten sechs Sterne mit Leichtigkeit; ein scharfes sieht noch Celaeno, und ein vorzüglich scharfes selbst noch mehrere der kleineren. Der Herausgeber kennt junge Leute, die ihrer 11 unterscheiden. Den Plejaden nahe stehen die Hyaden (Atl. d. g. H. Fig. 5), eine ebenfalls sternreiche Constellation. Die bekannte Krippe im Sternbilde des Krebses (AR = 127° 15′, Decl. + 20° 30′ enthält auf der Fläche eines halben Quadratgrades über 40 schon mit mässigen Fernröhren deutlich erkennbare Sterne, vieler anderer kleinerer nicht zu erwähnen. (Atlas d. gest. H. Fig. 6.)

Es ist nicht wahrscheinlich, dass dieses Zusammendrängen der

Sterne an besonderen Stellen des Himmels bloss scheinbar sei, also nur von der Stellung unseres Auges kommen sollte. Wenn man die aus den Beobachtungen bekannte Anzahl der Sterne bis zur zehnten Grösse mit den etwa 100 Sternen der Plejaden vergleicht, so zeigt die Wahrscheinlichkeitsrechnung, dass man Millionen gegen Eins wetten kann, dass die enge Nachbarschaft der letzteren nicht zufällig sei.

§. 190. (Doppelsterne.) Dasselbe gilt aber auch von denjenigen Sternen, die man so häufig am Himmel paarweise und in sehr geringen Entfernungen von einander stehen sieht. Eines der auffallendsten Beispiele bietet der mittlere Stern zweiter Grösse im Schweife des grossen Bären, ζ grosser Bär oder Mizar. (Siehe Atlas Fig. 1.) Ein scharfes Auge sieht unbewaffnet einen Stern fünfter Grösse, g grosser Bär, Alcor oder das Reiterlein genannt, ganz nahe an Mizar; die Distanz beträgt beiläufig elf Minuten. Schon mit einem mittelmässigen Fernrohre unterscheidet man, dass Mizar selbst doppelt ist, und aus zwei Sternen dritter und fünfter Grösse besteht, deren gegenseitige Distanz nahe 14″ beträgt; zugleich bemerkt man südlich von der Verbindungslinie der Sterne Mizar und Alcor einen Stern achter Grösse, und mit stärkeren Fernröhren noch mehrere kleinere Sterne. Alcor war von jeher bekannt; den Stern achter Grösse sah zuerst der Nürnberger Astronom Einmart im J. 1691, dass Mizar doppelt, entdeckte Flaugergues im J. 1787; ein merkwürdiges Beispiel, dass die Schwierigkeit, einen Stern auszunehmen, keineswegs bloss von seiner Grösse abhängt.

Oft aber sind die Componenten eines Doppelsterns nur wenige Sekunden, ja Theile von Sekunden von einander getrennt. Ueberhaupt kommen vielfache Sterne so häufig vor, dass wir ihrer schon mehr als 6000 beobachtet haben. Diese gegenseitige Nähe, und noch mehr, diese grosse Anzahl der Doppelsterne macht es wieder äusserst unwahrscheinlich, dass sie alle diese Duplicität nur ihrer Stellung gegen unser Auge verdanken, dass sie nur optisch doppelt sein, oder dass sie für uns bloss auf derselben Gesichtslinie stehen und doch durch sehr grosse Distanzen von einander getrennt sein sollten. Wir sind also veranlasst, wenigstens die meisten dieser Sterne für physisch doppelt anzunehmen, für Sternenpaare, die in der That nahe bei einander stehen und auch zusammengehören.

§. 191. (Klassen der Doppelsterne.) Der ältere Herschel, der die Doppelsterne zuerst zu einem Gegenstande besonderer Aufmerksamkeit machte, und der sie gegen das Jahr 1780 zu beobachten anfing, fand bald eine so grosse Anzahl derselben, dass er es für nöthig hielt, sie in Klassen einzutheilen. Als Eintheilungsgrund nahm er die verschiedenen Distanzen derselben an, und setzte in die erste Klasse alle diejenigen, deren Distanz kleiner als 4 Sekunden war; zur zweiten Klasse zählte er die, deren Distanz zwischen 4 und 8, zur dritten die zwischen 16 bis 32 Sekunden von einander abstehen.

In den neueren Zeiten hat man jene Eintheilung wieder verlassen, vorzüglich aus dem Grunde, weil diese Distanzen, wie wir bald sehen werden, veränderlich sind und daher kein gutes Mittel zur Eintheilung geben können. Man führt sie jetzt gewöhnlich so auf, wie alle anderen Sterne, indem man von dem grösseren der beiden Sterne die Rectascension und Poldistanz (Einl. §. 22, 29) in dem Sternverzeichnisse angibt, was hinreichend ist, seinen Ort am Himmel zu jeder Zeit zu finden.

Diesen beiden Angaben wird dann noch die wechselseitige Distanz $\varDelta$ der beiden Sterne in Sekunden, der Positionswinkel Π, d. h. der Winkel der Verbindungslinie beider Sterne mit dem Declinationskreise des grössern Sterns, von Nord über Ost gezählt, und die Zeit beigefügt, für welche die beiden Grössen $\varDelta$ und Π gelten. Diese Zeit muss immer angegeben werden, weil eben wie gesagt Distanz und Positionswinkel bei den meisten Doppelsternen fortwährende Aenderungen erleiden.

§. 192. (Verhältniss der doppelten Sterne zu den einfachen.) Nach den Untersuchungen, die W. Struve über die Anzahl der Doppelsterne angestellt hat, folgt, dass die Zahl der einfachen Sterne nur drei, vielleicht auch nur zweimal so gross sei als die der zusammengesetzten. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass dieses Resultat nur aus den helleren Sternen, nämlich denen der ersten Grössenklassen abgeleitet ist, und die Doppelsterne desto seltener werden, je kleiner die Sterne selbst sind. Diese Erscheinung dürfte aber wahrscheinlich nur scheinbar sein, indem sie darin eine genügende Erklärung findet, dass der eine der beiden Sterne gewöhnlich viel kleiner als der andere ist, und bei an sich kleineren Sternen wegen Lichtschwäche sich oft der Wahrnehmung entziehen muss. Bemerkenswerth ist es übrigens, dass die Anzahl der Doppelsterne der ersten Herschel'schen Klasse unverhältnismässig gross ist. Wenn nämlich die Doppelsterne grösstentheils nur optisch oder bloss scheinbar doppelt wären, so müssten die der vierten Klasse die häufigsten und die der ersten im Gegentheile die seltensten sein. Da die Flächen der Kreise von 4, 8, 16 und 32 Sekunden Halbmesser sich wie die Zahlen 1, 4, 16 und 64 verhalten, so müssten sich die Zahlen der Doppelsterne, wenn sie bloss optisch wären, in den vier Klassen wie 1, 3, 12 und 48 verhalten, so dass also von 64 optischen Doppelsternen nur ein einziger von der ersten, 3 von der zweiten, 12 von der dritten und 48 von der vierten Klasse sein müssten. Wir kennen aber beiläufig 1450 Doppelsterne der vierten Klasse, so dass, wenn diese alle optische Doppelsterne wären, der dritten Klasse nur 362, der zweiten 91 und der ersten 30 zukommen könnten. Allein nach den Beobachtungen haben sich für die dritte Klasse nicht 362, sondern 1310, für die zweite nicht 91, sondern 1310, und für die erste Klasse nicht 30, sondern 1930 ergeben. Dieser gänzliche Mangel an Uebereinstimmung, den zuerst W. Struve bemerkte, zeigt, dass die Doppelsterne der ersten Klasse beinahe alle wahre oder physisch doppelte Sterne sein müssen, und dass derselbe Schluss auch noch von den meisten Sternen der zweiten und dritten Klasse gilt.

§. 193. (Verschiedenheit der Doppelsterne.) Gewöhnlich ist der eine der beiden Sterne viel kleiner als der andere, wie z. B. bei dem Polarstern, wo der eine der zweiten und der andere der zehnten Grösse ist. Oft sind aber auch beide Sterne an Grösse einander sehr nahe gleich. Dahin gehören γ Widder, die beide der *V.* Grösse sind; Castor der *III.* und *IV.*; γ Löwe der *II.* und *IV.*; γ Jungfrau der *III.* und *III.*; ξ grosser Bär der *IV.* und *V.* Grösse u. s. f. Wenn solche Sterne, wie die erwähnten, beide schon zu den grösseren gehören und überdiess einander sehr nahe stehen, so ist es offenbar noch viel wahrscheinlicher, dass sie physisch doppelt sind und in der That zu einander, oder zu einem gemeinschaftlichen Ganzen gehören. Diess ist der Fall bei Castor,

wo die Distanz 5 Sekunden, bei γ Löwe, wo sie kaum 3 Sekunden beträgt u. f.

§. 194. (Eigenbewegung der Fixsterne.) Es wurde bereits oben §. 188 erwähnt, dass jeder Fixstern ausser den, allen Gestirnen gemeinschaftlichen Bewegungen der Präcession, Aberration und Nutation, noch eine Eigenbewegung habe, deren Grund theils in der Bewegung des Sonnensystems, theils aber in realen Ortsveränderungen der Sterne liegt.

Dieselbe Eigenbewegung bemerkt man auch bei den Doppelsternen. Nehmen wir an, dass einer derselben sich während einem Jahrhunderte durch 300 Sekunden bewege, so würde er seit dem Anfange unserer Zeitrechnung oder seit 18 Jahrhunderten schon einen Weg von 1½ Grad am Himmel zurückgelegt haben. Dieser Weg beträgt dreimal so viel, als der Durchmesser des Mondes, und in der That kann er, wegen der sehr grossen Entfernung des Sterns, viele Billionen von Meilen betragen. Und doch wurde er auf dieser so grossen Bahn stets von einem andern Stern begleitet! Beide zogen mit einander, und der Stern, der zur Zeit vor Christi Geburt ein Doppelstern war, erscheint auch in unsern Tagen noch als ein solcher, wenn gleich sein Ort am Himmel um Billionen Meilen von dem Orte, den er in früheren Zeiten eingenommen hat, verschieden sein mag. Kann man hier noch zweifeln, dass die Doppelsterne wirklich zu einander gehören?

§. 195. (Vertheilung der Doppelsterne am Himmel.) Die Doppelsterne sind nicht in allen Gegenden des Himmels gleich zahlreich. Gewöhnlich sind diejenigen Gegenden, die überhaupt nur wenig einfache Sterne enthalten, auch an Doppelsternen arm, z. B. die der Jagdhunde, des Drachen, der Bildhauerwerkstätte, also überhaupt in der Nähe der beiden Pole der Milchstrasse. Wie man sich aber dieser Milchstrasse nähert, nimmt die Zahl der einfachen sowohl, als auch der doppelten Sterne schnell zu. Aber auch ausser der Milchstrasse gibt es einzelne Gegenden, die an Doppelsternen sehr reich sind, wie die Sternbilder des Widders, der Fliege, der Zwillinge und besonders das des Orion.

Nicht selten sieht man zwei solche Doppelsterne, also vier Sterne, deren je zwei einander sehr nahe stehen, auf einmal in dem Felde des Fernrohrs. Diess ist z. B. der Fall bei ε Leier; im Sternbilde des Schwans bei $AR = 300^0\ 7'$, $D = +\ 35^0\ 19'$; im Herkules bei $AR = 246^0\ 18'$, $D = +\ 19^0\ 36'$, u. a.

Auch kommt es, wiewohl selten, vor, dass sogar drei Doppelsterne auf einmal im Gesichtsfelde des Fernrohrs sich befinden, wie bei η Leier und im Wassermann bei $AR = 324^0\ 15'$, $D = -\ 0^0\ 27'$

§. 196. (Drei- und mehrfache Sterne.) Zuweilen bemerkt man auch drei Sterne in auffallender Nähe bei einander. Solche sieht man im Luchse ($AR = 98^0\ 14'$, $D = +\ 59^0\ 36'$), bei ζ Krebs, ξ Skorpion, 7 Stier ($AR = 51^0\ 30'$, $D = +\ 23^0\ 57'$) u. f. Bei ι Bootes ist der Hauptstern, bei ψ Cassiopeja und γ Scorpion der kleinere Stern wieder ein sehr enger Doppelstern. In obigen Tripelsternen: 12 Luchs, ζ Krebs ξ Skorpion gehören alle drei Sterne zu den grösseren.

Auch vier- und mehrfache Sterne sind nicht selten am Himmel zu finden. Ein solcher ist ϑ im Orion. Er steht nahe in dem dunkelsten Theile des merkwürdigen Nebels im Orion, und wurde lange Zeit hindurch als vierfacher Stern beobachtet und zu Folge der besonderen re-

lativen Stellung der vier Sterne das Trapez im Orion genannt. Im J. 1825 entdeckte aber W. Struve in diesem Trapez noch einen fünften, und später Herschel d. j. einen sechsten Stern, die jedoch beide sehr schwer zu sehen sind. Es scheint, dass diese Sterne erst in den letzten Zeiten entstanden und jetzt im Wachsen begriffen sind. (Siehe Atlas d. g. H. Fig. 3.)

Ohne die übrigen vielfachen Sterne hier noch weiter zu verfolgen, bemerken wir nur, dass W. Struve den Stern σ im Orion, unmittelbar unter dem südlichsten der drei Sterne, die unter dem Namen des Jakobstabes bekannt sind, sogar als einen sechszehnfachen Stern erkannt hat.

§. 197. (Bewegung der Doppelsterne um einander.) Wir haben bereits oben gesagt, dass die Doppelsterne, so wie überhaupt alle Sterne des Himmels, eine eigene fortschreitende Bewegung haben, und dass sie, dieser Bewegung ungeachtet, nicht aufhören, doppelt zu bleiben, dass also diese Sternpaare ihren grossen Weg im Weltraume wie zwei eng verbundene Wanderer gemeinschaftlich zurücklegen. Einer der merkwürdigsten unter diesen Zwillingssternen ist 61 im Schwan. Man findet ihn am Himmel zwischen den beiden grösseren, aber einfachen Sternen ν und τ dieses Sternbildes beinahe in der Mitte derselben oder in Rectascension 315° 2′ und Declination + 38° 0′. Dieser Stern hat eine sehr grosse Eigenbewegung, welche während eines Jahrhunderts, in der Richtung seiner Bahn 522 Sekunden beträgt; er hat also seit Christi Geburt nahezu drei Grade, d. h. sechs Monddurchmesser am Himmel zurückgelegt.

Wenn aber eine so grosse, gemeinschaftliche Bewegung der beiden Componenten eines Doppelsterns schon so deutlich für ihr Zusammengehören spricht, so wird durch eine andere Bewegung, die man an ihnen bemerkt hat, diese Vermuthung zu einer nicht weiter zu bezweifelnden Gewissheit erhoben: man hat schon bei sehr vielen dieser Sternenpaare eine Bewegung des einen Sternes um den anderen beobachtet. Der Begleiter beschreibt um seinen Centralstern, als um einen Mittelpunkt, eine kreisförmige oder elliptische Bahn, ganz eben so, wie die Planeten um die Sonne, oder die Satelliten um ihre Hauptplaneten Bahnen beschreiben.

Wenn man nämlich bei diesen Doppelsternen die Distanz Δ derselben, und den Positionswinkel Π zu zwei oder mehr verschiedenen Zeiten beobachtet, so findet man, dass sich diese Grössen regelmässig ändern, und dass der Winkel Π insbesondere bei manchen schon in wenig Jahren beträchtlich zu- oder abnimmt, woraus folgt, dass sich der eine dieser Sterne um den andern bewegen muss.

Was zuerst die Distanz Δ der beiden Sterne betrifft, so nimmt sie bei einigen Sternen regelmässig zu, wie z. B. bei ι Bootes und Nro. 2708 des Struve'schen Katalogs (AR = 308° 15′, D = + 38° 7′); bei andern im Gegentheile wird sie immer kleiner wie bei η Cassiopeja, ζ Krebs (der weitere Stern). Bei einigen endlich, wie bei Θ Schlange, ζ Orion u. a. scheint diese Distanz immer dieselbe zu bleiben. Bei diesen letzten ist daher vermuthlich die Bahn des Begleiters nahe kreisförmig und senkrecht auf unserer Gesichtslinie, daher wir gleichsam den ganz geöffneten Ring dieser Bahn sehen, während bei jenen ersten die Bahn sehr elliptisch ist und überdies sehr schief gegen die Gesichts-

linie liegt, so dass wir gleichsam nur die scharfe Kante derselben erblicken.

Wichtiger aber, oder doch auffallender sind die Veränderungen des Positionswinkels *Π* der Distanz *Δ* mit dem Declinationskreise des Centralsterns. In dem Doppelstern ζ Krebs änderte sich dieser Winkel in den letzten 30 Jahren um 140 Grade, in η Cassiopeja um 32, in Castor um 15 Grade, und zwar sehr regelmässig, während wieder bei anderen, wie in γ Jungfrau, die Veränderung dieses Winkels bald langsam, bald wieder sehr schnell vor sich geht, woraus man mit Recht auf eine sehr excentrische Bahn des letzten Doppelsterns schliessen kann. Es gibt sogar mehrere Doppelsterne, deren Positionswinkel sich, seit der ersten Beobachtung desselben durch W. Herschel, schon um volle 360 Grade verändert, bei welchen demnach der Begleiter schon einen ganzen Umlauf um seinen Centralkörper vollendet hat. Bei anderen endlich ist diese Veränderung des Positionswinkels so gross und so regelmässig, dass man schon aus den Beobachtungen einiger Jahrzehnte mit Sicherheit auf die ganze Zeit der Revolution schliessen kann.

So fand man für

ξ grosser Bär	die Umlaufszeit	60	Jahre.
70 *p* Ophiuchus	„ „	93	„
γ Jungfrau	„ „	169	„ u. s. f.

§. 198. (Bedeckungen der Fixsterne unter einander.) Wir wissen, dass der Mond vor der Sonne oder vor Fixsternen vorübergeht und uns dadurch den Anblick dieser Gestirne auf einige Zeit raubt. Die Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen (*I.* §. 173) beobachten die Astronomen mit besonderem Fleisse, weil sie ein gutes Mittel zur Bestimmung der geographischen Länge der Beobachtungsorte auf der Oberfläche der Erde darbieten. Auch sieht man zuweilen diese Sterne durch die Planeten, oder selbst, obwohl selten genug einen Planeten durch den andern bedecken. Aber dass auch die Fixsterne sich unter einander bedecken sollten, diess würde man noch vor wenig Jahren für unmöglich gehalten haben.

Wenn die Ebene der Bahn des Doppelsterns so schief gegen unsere Gesichtslinie liegt, dass uns dieselbe nahe wie eine gerade Linie erscheint, und solcher Bahnen gibt es, wie wir oben gesehen haben, mehrere, so wird der Begleiter um seinen Centralstern eine gerade, durch diesen Stern gehende Linie zu beschreiben scheinen, und wenn er demselben auf diesem Wege nahe genug kommt, so wird er ihn entweder bedecken oder von ihm bedeckt werden, je nachdem er, in Beziehung auf uns, vor oder hinter seinem Centralkörper vorübergeht. Diess ist z. B. der Fall mit dem Doppelstern τ im Schlangenträger ($AR = 268^0\ 44'$, $D = -8^0\ 10'$). Der ältere Herschel sah ihn im Jahr 1781 noch als einen, obschon bereits sehr engen Doppelstern. Sein Sohn und auch W. Struve sahen ihn im Jahr 1828 nur mehr einfach, aber doch noch in einer länglichen Gestalt. In den folgenden Jahren erschien er, selbst durch die besten Fernröhre, als ein vollkommen einfacher runder Stern, während er jetzt schon wieder seit längerer Zeit doppelt gesehen wird. Ebenso war ω Löwe noch im Anfange unseres Jahrhunderts kein sehr schwieriger Doppelstern, und jetzt gelingt die Trennung nur zeitweilig den stärksten Fernröhren.

Der Stern ζ Orion im Gegentheile wurde von dem älteren Her-

schel vor fünfzig Jahren als ein bestimmt doppelter Stern bemerkt, während er jetzt zu den dreifachen gehört. Dasselbe ist der Fall mit ζ Herkules und δ Herkules und δ Schwan, die früher einfach waren und jetzt doppelt gesehen werden. Bei ζ Orion, ζ Herkules, δ Schwan könnte diese Erscheinung auch durch Lichtwechsel der neuen Begleiter erklärt (unten Kap. *XVI.*) werden. Hingegen liegt die Bahn von γ Jungfrau entschieden sehr schief gegen uns, und die Distanz dieses Doppelsterns wurde in den letzten Zeiten so klein (sie war im Jahr 1836 nur mehr 0″.3), dass man schon einer Bedeckung desselben entgegensah, allein seitdem wächst diese Distanz wieder, und die Ebene der Bahn geht also nicht genau durch unsere Sonne, daher auch der Begleiter über dem Centralstern vorbeiging.

§. 199. **(Erste Meinung von den Doppelsternen.)** Als W. Herschel um das Jahr 1780 sich mit diesen Gestirnen zu beschäftigen anfing, hatte er die Ansicht, dass sie alle, oder doch die meisten nur optisch doppelt wären, dass sie also, wenn gleich vielleicht in sehr grossen Entfernungen hinter einander, doch für uns nahe auf derselben Gesichtslinie stehen. Er sah bald, dass sie, wenn anders diese Meinung gegründet ist, ein sehr gutes Mittel zur Bestimmung der Parallaxe des näheren Sternes geben würde, und diess war auch der Zweck, welchen er durch die Beobachtung dieser Gestirne zu erreichen suchte. — Wenn wir nämlich einen solchen Doppelstern von den entgegengesetzten Punkten der jährlichen Bahn der Erde um die Sonne, also zu zwei um ein halbes Jahr von einander entfernten Zeiten beobachten, so wird der nächste von beiden seinen Ort gegen den weitern, unbeweglichen zu ändern scheinen, und aus diesen Aenderungen wird sich die Entfernung desselben von der Erde um so sicherer ableiten lassen, als die Vergleichung der Distanz der beiden Sterne sich hier mit der grössten Schärfe anstellen lässt. Allein, wie es öfter zu gehen pflegt, Herschel fand nicht, was er suchte: die Parallaxe der Fixsterne; aber er fand dafür etwas anderes, was nicht minder interessant war: die Bewegung des einen derselben um den anderen, und diese Entdeckung mit allen ihren Folgen musste ihn wohl nicht weniger überraschen, als ihn die Erfüllung seines ersten Wunsches erfreut haben würde.

Den Lesern ist die Methode, die Entfernung der Gestirne aus ihrer Parallaxe zu finden, schon *I.* Kap. *V* bekannt. Da es sich aber hier um die sehr grossen Entfernungen handelt, um welche die Fixsterne von uns abstehen, so wird es nicht unzweckmässig sein, den Zusammenhang zwischen der Parallaxe und der Entfernung eines Fixsterns unter verschiedenen Voraussetzungen der ersten durch eine kleine Tafel gleichsam mit einem Blicke übersehen zu lassen.

Nehmen wir also an, dass der Durchmesser der Erdbahn, der zu den beiden, ein halbes Jahr von einander entfernten Beobachtungen gehört, so gewählt worden sei, dass er auf der Gesichtslinie von dem Stern nach der Sonne senkrecht steht, und nennen wir a den Winkel, unter welchem ein Auge in dem Sterne diesen Halbmesser der Erdbahn, der 20682000 deutsche Meilen beträgt, sehen wird, so wie R die daraus folgende Entfernung des Sterns von der Sonne, und endlich, um die hier für R erhaltenen grossen Zahlen leichter zu übersehen, T die Zeit, in welcher das Licht diese Entfernung R zurücklegt, vorausgesetzt, dass

das Licht in einer Sekunde 41900, also in einem Tage 3620 Millionen und in einem gemeinen Jahre 1.322 Billionen Meilen durchläuft.

α	R	T
Min.		
5	13700 Millionen Meilen	3.8 Tage
4	17200 „ „	4.7 „
3	22900 „ „	6.0 „
2	34400 „ „	9.0 „
1	68700 „ „	18.0 „
Sek.		
30	137000 Millionen Meilen	38 Tage
20	206000 „ „	57 „
10	412000 „ „	114 „
5	825000 „ „	228 „
Sek.		
4	1 Billion Meilen	0.8 Jahre
3	1½ „ „	1.1 „
2	2 „ „	1.5 „
1	4 „ „	3 „
½	8¼ „ „	6 „
1/10	41 „ „	31 „
1/100	412 „ „	310 „

Diese Tafel zeigt, wie schnell die Distanz eines Sterns von uns zunimmt, wenn der Winkel α oder die jährliche Parallaxe desselben kleiner wird. Ist dieser Winkel gleich einer Sekunde, d. h. erscheint der Halbmesser der Erdbahn, von dem Stern gesehen, nur mehr unter dem Winkel von einer Sekunde, so beträgt die Distanz des Sterns von der Sonne, oder was hier dasselbe ist, von der Erde, vier Billionen Meilen oder eine **Sternweite**, wie wir sie oben genannt haben, und diese Distanz ist so gross, dass selbst das Licht, seiner ungeheuern Geschwindigkeit ungeachtet, sie erst in vollen drei Jahren zurücklegen kann. Wäre aber die Parallaxe eines Fixsterns nur der hundertste Theil einer Sekunde, so würde die Distanz desselben 412, genauer 412½ Billionen Meilen betragen, wozu das Licht die Zeit von 310 Jahren gebrauchen würde. So kleine Winkel können wir aber bisher selbst mit unseren feinsten Instrumenten nicht mehr messen, und es ist uns nur selten möglich, über die Distanz der Fixsterne, deren Parallaxe, wie es scheint, durchaus weit kleiner als eine Sekunde ist, etwas Verlässliches zu bestimmen.

§. 200. (Bahnbestimmung der Doppelsterne.) Zur vollständigen Kenntniss eines Sterns, dessen Bewegung um einen anderen man bereits erkannt hat, ist es nothwendig, die **Elemente** seiner Bahn (vergl. *I.* §. 139) aus den Beobachtungen zu bestimmen, ein Geschäft, das schon bei den Planeten und Kometen nicht leicht, hier aber mit so vielen Schwierigkeiten verbunden ist, dass man, ohne den Gebrauch mathematischer Formeln, keine nähere Andeutung davon geben kann. Um nämlich den Ort des Sternsatelliten am Himmel für jeden vorhergegangenen oder künftigen Augenblick zu bestimmen, muss man die sechs unterscheidenden Kennzeichen seiner Bahn, die wir die Elemente desselben nennen,

aus den Beobachtungen abzuleiten wissen. Diese sind *I.* die grosse Axe seiner Ellipse, d. h. hier die Anzahl Sekunden, unter welchen uns diese Axe erscheinen würde, wenn sie senkrecht auf der Gesichtslinie stünde; *II.* die Excentricität dieser Ellipse (*I.* §. 133); *III.* die Neigung der Ebene der Bahn, und *IV.* die Länge der Knotenlinie (*I.* §. 114) derselben in der Ekliptik; *V.* die Lage des Periheliums oder der Winkel, welchen die grosse Axe der Bahn mit jener Knotenlinie bildet, und *VI.* die Epoche, oder die Zeit, wann der Sternsatellit durch die grosse Axe seiner Bahn geht.

Eigentlich gibt es aber noch zwei andere Elemente, die bei der Bestimmung der Planetenbahnen als ausserwesentlich wegfallen, die aber hier im Gegentheile die interessantesten, obschon auch zugleich diejenigen sind, deren Bestimmung den meisten Schwierigkeiten unterworfen ist. Diese Elemente sind: die Masse des Centralkörpers z. B. in Beziehung auf die Masse unserer Sonne und endlich die Entfernung dieses Centralkörpers von uns.

Der erste, der dieses mit vielen Schwierigkeiten verbundene Geschäft einer Bahnbestimmung der Doppelsterne ausgeführt hat, ist Savary, der seine schöne Methode in der *Connais. des temps* für das Jahr 1830 veröffentlicht und dieselbe auch sogleich auf den merkwürdigen Doppelstern ξ grosser Bär mit viel Glück angewendet hat. (Daselbst theilte er auch eine an sich sehr scharfsinnige Idee mit, die absolute Entfernung eines Doppelsternes aus der Zeit zu ermitteln, die das Licht braucht, den Durchmesser der Doppelsternbahn zu durchfliegen. Allein die daraus entstehenden scheinbaren Ungleichheiten combiniren sich nach den Untersuchungen von Villarceau derartig mit der elliptischen Bewegung des Acolythen, dass sie von ihr nicht getrennt werden können, wodurch diese Methode leider ihre Anwendbarkeit verliert.) Einen ähnlichen Versuch hat nach ihm Encke in seinem astron. Jahrbuche f. d. J. 1832 bekannt gemacht, und seine sehr eleganten Ausdrücke auf den Doppelstern 70 *p* Ophiuchus angewendet. Beide haben ihren Rechnungen nur eben so viele Distanzen $\varDelta$ und Positionswinkel $\varPi$ aus den Beobachtungen zu Grunde gelegt, als zu ihrem Zwecke unmittelbar nöthig sind. Der jüngere Herschel hat dafür in dem fünften Bande der *Mem. of the R. Astron. Society* ein anderes, sinnreiches Verfahren gegeben, die Bahnen dieser Gestirne zu bestimmen, in welchen er die beobachteten Distanzen $\varDelta$ als zu unverlässig völlig ausschliesst, und dafür alle Positionswinkel, welche man bisher beobachtet hat, seiner Rechnung oder vielmehr seiner graphischen, durch Rechnung unterstützten Methode zu Grunde legt.

§. 201. (Elemente der vorzüglichsten Doppelsterne.) Die folgende Tafel enthält die Elemente derjenigen Doppelsterne, deren Bahnen uns bisher bekannt geworden sind. Die Folgezeit wird ohne Zweifel noch einige derselben wesentlich umgestalten, und uns nach und nach noch eine Reihe neuer kennen lehren. Indess können wir auch schon die Früchte der bisherigen Arbeiten der Astronomen als im höchsten Grade interessant ansehen, besonders wenn wir bedenken, dass sie diesem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit erst seit 70, und ihren fortgesetzten Fleiss erst seit 40 Jahren zugewendet haben.

Unter Neigung ist hier die Neigung der Ebene der Bahn des Nebensternes gegen diejenige Ebene zu verstehen, welche an der Stelle,

wo sich der Doppelstern vorfindet, die Himmelssphäre tangirt. Knoten bezeichnet den Winkel zwischen dem Deklinationskreise des Hauptsternes und dem Durchschnitte der Bahnebene mit jener tangirenden Ebene, gezählt wie die Positionswinkel (§. 218). Direkt heisst die Bewegung eines Doppelsternes, wenn die Positionswinkel wachsen, retrograd, wenn sie abnehmen.

Nro.	Name.	Berechner.	Umlaufszeit.	Richtung der Bewegung.
1	ξ grosser Bär	Mädler	60.18 Jahre	Retr.
2	Castor	Tiele	996.85	Retr.
3	σ Krone	Jakob	195.12	Dir.
4	η Krone	Villarceau	67.31	Dir.
5	ζ Krebs	Winnecke	58.94	Retr.
6	ξ Skorpion	Mädler	105.52	Dir.
7	λ Ophiuchus	Mädler	89.01	Dir.
8	ζ Hercules	Fletcher	37.21	Retr.
9	p Ophiuchus	Jakob	93.10	Retr.
10	γ Jungfrau	Mädler	169.44	Retr.
11	δ Schwan	Behrmann	280.56	Retr.
12	α Centaur	Hind	80.94	Dir.

Nro.	Aufsteigender Knoten.		Neigung.		Distanz des Perihels vom Knoten.		Excentricität.	Zeit des Perihels.	Halbe grosse Axe in Sekunden.
1	97°	43′	50°	55′	134°	40′	0.4037	1817.97	2.″295
2	31	58	42	5	294	1	0.3438	1750.33	7.538
3	1	57	46	47	101	57	0.3088	1831.17	2.717
4	9	52	59	19	184	59	0.4043	1846.65	1.202
5	18	23	48	36	141	54	0.2560	1815.53	1.030
6	34	45	70	13		...		1832.61	1.289
7	32	42	49	25	126	4	0.4530	1790.31	0.842
8	37	14	39	21	266	53	0.4381	1830.56	1.2...
9	124	32	55	16	339	32	0.4894	1808.12	4.8....
10	62	9	25	25	79	4	0.8806	1836.28	3.863
11	166	26	64	38	280	21	0.8470	1866.35	3.165
12	16	42	62	53	26	2	0.7752	1859.42	13.57..

§. 202. (Bemerkungen über einzelne Doppelsterne dieser Tafel u. a.) Die in dieser Tabelle zusammengestellten Doppelsterne sind diejenigen, die wir unter den 6000 bisher beobachteten am besten kennen. Es wird daher nicht unangemessen sein, noch einige Bemerkungen beizufügen.

Der Doppelstern ξ im grossen Bären ist einer der schönsten am ganzen Himmel und durch die kurze Umlaufszeit des Begleiters um den helleren Stern merkwürdig. Letzterer ist 4.5 Grösse, der Begleiter 5ter Grösse. Beide sind weiss mit einer kaum merklichen Annäherung an gelb. Der Positionswinkel ändert sich sehr rasch, und seit 1780 hat der Begleiter schon mehr als einen ganzen Umlauf gemacht. Da sich die sehr zahlreichen Messungen desselben über alle Theile seiner Bahn erstrecken, so dürften die oben angeführten Elemente desselben bei

weitem genauer sein, als diess für irgend einen andern Doppelstern der Fall ist. ξ grosser Bär ist zugleich insoferne interessant, als er der erste Doppelstern war, der dem älteren Herschel die volle Ueberzeugung verschaffte, dass das Gesetz der allgemeinen Schwere auch in jenen ungemessenen Fernen gilt, und dass die Kepler'schen Gesetze, so wie in unserem Sonnensysteme, auch auf jene Systeme von um einander kreisenden Fixsternen unverändert ihre Anwendung finden.

Castor oder α der Zwillinge, der westlichere der beiden schönsten Sterne dieser Constellation, ist ein Doppelstern, dessen Distanz jetzt etwa fünf Sekunden beträgt. Die ersten Beobachtungen wurden von Bradley und Pound am Anfange des achtzehnten Jahrhunderts gemacht. Am 30. März 1719 war nämlich nach Bradley die Richtung der Verbindungslinie der beiden Sterne von Castor sehr nahe parallel der Linie von κ nach σ der Zwillinge. Zwei andere Beobachtungen aus derselben Zeit sind von Pound am 25. März 1718 und 1. October 1722 angestellt. Am ersteren Tage war nach diesem Beobachter die Richtung der Verbindungslinie von Castor parallel zu einer Linie von Pollux gegen die Mitte von g und l der Zwillinge, am zweiten Tage parallel gefunden zu einer Linie durch β und κ Zwillinge. Diese alten Beobachtungen hat Herschel d. j. genau untersucht, und bei dieser Gelegenheit gezeigt, dass Positionswinkel, die nach dieser Methode geschätzt werden, eine Correction von nahe 2° 34′ erfordern. Mit Rücksicht auf diese Correction findet man aus Bradley's und Pound's Beobachtungen den Positionswinkel für 1720 sehr nahe 356°. Die Distanz war nicht gemessen worden. Spätere Beobachtungen von Bradley geben für 1760 den Positionswinkel gleich 326½ Grad. Hierauf folgen die Beobachtungen von Herschel d. ä. von 1779 bis 1803, die aber nicht mehr blosse Schätzungen sind, sondern durch direkte Messungen des Positionswinkels, theils auch der Distanz erhalten wurden; ferner von W. Struve im J. 1814 und von J. Herschel im J. 1816, wo der Positionswinkel genau gleich 270° gefunden wurde. In den letzten dreissig Jahren endlich haben verschiedene Astronomen diesen Doppelstern sehr fleissig gemessen, so dass wir von diesem höchst merkwürdigen Objekte eine schöne, beinahe anderthalb Jahrhunderte umfassende Reihe von Beobachtungen besitzen. Trotzdem sind wir über die Bahn desselben noch sehr im Ungewissen, wie der Umstand zeigt, dass die Bahnberechnung von Mädler eine Umlaufszeit von 519, die von Hind eine von 632, und die hier gegebene von Tiele sogar eine von fast 1000 Jahren ergibt. Ueber die Dauer der Umlaufszeit werden übrigens schon die nächsten zwei Jahrzehente entscheiden, allein eine genaue Bahn sich wohl kaum vor dem Anfange des zwanzigsten Jahrhundertes bestimmen lassen.

Der Doppelstern σ der nördlichen Krone wurde von Herschel d. ä. zuerst im Jahr 1780 beobachtet. Der Hauptstern ist 6. Grösse und gelblich, der Begleiter 7.8. Grösse und bläulich. Herschel schon erkannte die Bewegung bei Gelegenheit seiner zweiten Revision der Doppelsterne im Jahr 1802, bis wohin sich der Positionswinkel um 24° gemindert hatte. Von 1780 bis jetzt beträgt die Zunahme dieses Winkels schon 180°. Dennoch sind die Bahnelemente noch immer sehr unsicher, da wegen der kleinen Distanz die Messungen sehr schwierig waren. Die Umlaufszeit beträgt nämlich nach Jakob 195, nach Po-

well 240, nach Klinkerfuess 420, nach Mädler 608 und nach Hind sogar 737 Jahre. Eine neue Bahnberechnung in den nächsten Jahren könnte die Zweifel heben, da die Distanz bereits jetzt 3 Sekunden übersteigt und noch zunimmt, wesshalb die Beobachtungen von nun an nicht nur immer leichter, sondern auch sicherer werden.

Das Sternenpaar η nördliche Krone wurde ebenfalls von Herschel d. ä. zuerst beobachtet im Jahr 1781. Es ist wegen der geringen Distanz von kaum 1 Sek. sehr schwer zu messen, um so mehr als die Helligkeit beider Sterne gross ist. Der Hauptstern gehört zur 6., der Begleiter zur 6.7 Grösse; beide sind gelb. Obwohl nun dieses Sternenpaar seit Herschel schon mehr als einen ganzen Umlauf vollendet, kennt man die Umlaufszeit noch immer nicht, so sonderbar diess auch scheinen mag. Die Unbestimmtheit rührt daher, dass auf die Beobachtungen von Herschel in den Jahren 1781 und 1802 eine Lücke bis 1823 folgt, und in neuerer Zeit die Vermuthung ausgesprochen wurde, Herschel's erster Positionswinkel sei um 180° zu ändern, eine Correktion, welche zufolge der Art wie Herschel die Positionswinkel zu notiren pflegte zulässig ist. Je nachdem man nun Herschel's Positionswinkel beibehält, oder die so eben angeführte Correktion vornimmt, erhält man (nach Mädler und Winnecke) 43 oder (nach Villarceau) 67 Jahre als Umlaufszeit. Zu entscheiden, welches die richtige sei, dazu reicht das jetzt vorhandene Beobachtungsmaterial schon aus, aber es mangelt noch eine Bahnberechnung aus der neuesten Zeit, und bis dahin muss Villarceau's Bahn, die aus dem grössten Bogen gerechnet ist, als die wahrscheinlichste gelten.

ζ im Krebs ist eigentlich ein dreifacher Stern, als solcher erkannt von Herschel d. ä. im Jahr 1781. Der Hauptstern ist 6. Grösse, der zweite 6.7, der dritte 6. Grösse. Letztere beide sind gelb, der Hauptstern zwar ebenfalls, aber in bedeutend geringerem Grade. Die Umlaufszeit des zweiten, dem Hauptsterne näheren, ist ungemein kurz, ein günstiger Umstand, dem wir hauptsächlich die zahlreichen Messungen verdanken, die an diesem Systeme gemacht wurden. Seit der ersten Messung durch Herschel (1781) ist schon mehr als ein voller Umlauf vorüber, daher auch obige Bahn ziemlich genau sein wird. Der dritte Stern ist vom Hauptsterne bedeutend weiter entfernt, und scheint, nach der bisherigen Aenderung des Positionswinkels zu schliessen, fünf bis sechs Jahrhunderte zu einem vollen Umlaufe zu bedürfen.

Der Stern λ im Schlangenträger ist ein überaus feiner Doppelstern, von Herschel d. ä. entdeckt. Die Beobachtung bietet grosse Schwierigkeiten, indem die Distanz fast während des ganzen Umlaufes unter 1 Sek. bleibt. Der Hauptstern ist 4. Grösse und gelb, der Begleiter 6. Grösse und blau. Die Bewegung des Begleiters gehört zu den schnellsten unter den Doppelsternen. Mädler und Hind haben die Bahn desselben berechnet und gefunden, dass die Umlaufszeit nur halb so gross ist, als die des Planeten Neptun, und etwas grösser als die des Uranus.

Der Doppelstern ζ im Herkules wurde von Herschel im J. 1782 zuerst beobachtet. Der Hauptstern ist 3. Grösse und gelblich; der Begleiter 7.8 Grösse und gelb in's Purpurrothe übergehend. Bei der Entdeckung war der Positionswinkel 69° und die Distanz sehr nahe 1 Sek., bei der zweiten Revision der Doppelsterne im Jahre 1802 sah ihn

W. Herschel entschieden einfach. Diese Beobachtung ist historisch denkwürdig als die erste vermeintliche Bedeckung eines Fixsternes durch einen andern. Herschel bemerkt nämlich bei dieser Gelegenheit: »Meine Beobachtungen dieses Sternes zeigen uns eine Erscheinung, die in der Astronomie ganz neu ist, nämlich die Bedeckung eines Fixsterns durch einen andern. Dieses Ereigniss ist jedenfalls merkwürdig, was auch die Ursache davon sein mag, ob eine Parallaxe, oder eine eigene Bewegung, oder die Bewegung in einer Bahn, deren Ebene mit der Gesichtslinie zum Sterne nahe zusammenfällt.« Höchst interessant sind auch die folgenden Beobachtungen desselben Sternes. J. Herschel und South sahen 1821 bis 1825 keine Spur des Begleiters, was um so auffallender ist, als nach den späteren Beobachtungen und Rechnungen die Distanz damals nicht kleiner als 1 Sekunde gewesen sein kann. Im Jahr 1826 sah ihn W. Struve mit dem grossen Dorpater Refraktor deutlich, aber im Herbste 1828 war er wieder verschwunden. Ebenso im Herbste 1829 und im Sommer 1831. Im Herbste 1832 beobachtete ihn Struve neuerdings bei 800maliger Vergrösserung, und bestimmte seine Distanz zu 0″.8. Im Jahre 1833 konnte man keine Duplicität bemerken, im Mai 1834 wurde er wieder gemessen, und seitdem wird er fort und fort mit Aufmerksamkeit verfolgt. Vielleicht ist der Begleiter veränderlich, wie es auch bei δ im Schwan der Fall zu sein scheint. Uebrigens hat dieser Doppelstern unter allen, deren Bahnen mit Sicherheit berechnet sind, die kürzeste Umlaufszeit, die nur wenig länger ist, als die des Planeten Saturn in unserem Sonnensysteme.

Der Doppelstern 70 p im Schlangenträger wurde von Herschel im J. 1779 entdeckt. Der Centralstern ist 4. Grösse und gelb, der Begleiter 7. Grösse und blau. Die Bewegung des Letzteren geht sehr rasch vor sich, die Umlaufszeit ist beiläufig der des Uranus um die Sonne gleich. Die erste Bahnbestimmung verdankt man Encke, der die oben erwähnte Methode gegeben hat, um aus vier vollständigen Beobachtungen der Distanz sowohl als des Positionswinkels die Elemente einer Doppelsternbahn zu berechnen. Später haben auch J. Herschel, Mädler u. a. die Bahn berechnet. p im Schlangenträger bietet aber in dieser Beziehung bedeutende Schwierigkeiten. Die Beobachtungen von Herschel d. ä. von 1779 bis 1804 stimmen nämlich mit den von 1825 bis 1847 ganz gut, aber es ist unmöglich, die von 1818 bis 1823 gemachten damit zu vereinbaren, selbst wenn man von den Beobachtungen Herschel's d. ä. ganz absehen wollte. Wahrscheinlich ist ausser den zwei sichtbaren noch ein dunkler Körper von beträchtlicher Masse da, der ihre Bewegung modificirt. Etwas ähnliches hat man auch bei α Centaur bemerkt.

Der Doppelstern γ der Jungfrau hat die Astronomen vielfach beschäftigt. Zahlreiche Beobachtungen und mehrfache, darauf gegründete Bahnbestimmungen haben uns die Bewegung desselben schon mit ziemlicher Schärfe kennen gelehrt. Merkwürdig ist bei dieser Bahn die grosse Excentricität, welche Ursache ist, dass zur Zeit des Perihels eine so bedeutende Annäherung des Begleiters an den Hauptstern stattfindet, dass beide kaum zu trennen sind. Beide Sterne sind fast gleich hell, von der 4. Grösse, oder noch etwas heller, und beide blassgelb. γ Jungfrau gehört zu denjenigen Doppelsternen, von welchen wir sehr alte, wenn gleich nur isolirte Beobachtungen besitzen. Die ersten Beobach-

tungen des Positionswinkels sind von Pound und Bradley im Jahre 1718 am 11. und 12. März. Beide Beobachter geben die Richtung des Doppelsterns als parallel an zur Linie von α gegen δ Jungfrau. Daraus folgt der Positionswinkel mit Rücksicht auf die bei α Zwillinge erwähnte Correction 150° 52′ für 1718. Im Jahr 1720 beobachtete Cassini eine Bedeckung von γ der Jungfrau durch den Mond; die Zwischenzeit vom Eintritte des ersten bis zu dem des zweiten Sternes war nahe 30 Sekunden, die Austritte erfolgten fast gleichzeitig. Allein das daraus abgeleitete Resultat scheint sich keiner grossen Schärfe zu erfreuen, und verdient sonach wenig Vertrauen. Einen weitern Beitrag gibt uns der Katalog von Tobias Mayer, welcher die Position beider Sterne von γ Jungfrau enthält. Die Rektascensionsdifferenz derselben ist 3″.8, die Deklinationsdifferenz 5″.3; der vorausgehende ist der nördlichere. Diess gibt den Positionswinkel gleich 144°.37 und die Distanz 6″.50. Im Jahre 1780 beginnen Herschel's d. ä. Mikrometermessungen dieses Sterns, später die von Struve (1819—1822), Herschel d. j., South und anderen, so dass sich namentlich in den letzten 30 Jahren ein reicher Schatz von Beobachtungen gesammelt hat. Besonders interessant sind die Beobachtungen in der Nähe des Perihels des Begleiters, welches in die Mitte des Jahres 1836 fiel. Schon zu Anfang des Jahres 1834 war wegen der Nähe beider Sterne die Messung sehr schwierig, und im Jahr 1835 konnte man die Duplicität kaum durch die allerbesten Fernröhre wahrnehmen. Im December dieses Jahres und zu Anfang des nächsten war Herschel d. j., welcher damals am Cap der guten Hoffnung beobachtete, weder mit einem Refraktor von 5 Zoll Oeffnung, noch mit dem zwanzigfüssigen Spiegelteleskope im Stande auch nur eine längliche Gestalt des Hauptsterns zu erkennen. Capit. Smyth sah den Stern um diese Zeit gleichfalls einfach. Im Mai 1836 bemerkte Herschel wieder ein Hervortreten des Begleiters, doch war eine Trennung beider nicht möglich. Struve dagegen, der den Stern gerade während dieser ganzen Periode mit dem grossen Dorpater Refraktor sehr aufmerksam verfolgte, sah ihn nie einfach, sondern immer getrennt. Seit 1836 ist die Distanz fortwährend im Zunehmen begriffen. Bahnbestimmungen haben wir ausser der obigen von Mädler noch von J. Herschel, Hind, Fletcher, Smyth u. a.

Noch erwähnen wir hier einiger sehr merkwürdigen Doppelsterne, deren Bahnen zwar noch nicht bekannt sind, die aber in anderer Beziehung Interesse bieten. Hieher gehört γ Andromeda. Herschel d. ä. beobachtete ihn zuerst im Jahr 1779. Der hellere Stern ist roth, der kleinere grün, und sie bieten, durch ein lichtstarkes Fernrohr gesehen, vermöge des auffallenden Farbenkontrastes ein überraschend schönes Bild. Struve fand im Jahr 1842 mit Hülfe des grossen Refraktors zu Pulkowa, dass der kleinere der beiden Sterne selbst wieder ein Doppelstern ist, aber von so geringer Distanz (½ Sek.) und daher so schwer zu trennen, dass er unter die feinsten Objekte dieser Art am Himmel zu zählen ist.

Der Doppelstern Nr. 1263 in Struve's Verzeichnisse, $AR = 128° 51'$, Dekl. $= + 42° 14'$ (für 1850) ist für uns bemerkenswerth, weil höchst wahrscheinlich beide Sterne einen der seltenen optischen Doppelsterne bilden. Er wurde von Struve gefunden, und bereits mehrfach beobachtet. Die Messungen ergaben:

Struve	1828.4	Pos.-W. = 359°.0	Dist. =	4″.9
„	1831.3	4°.9		7″.1
„	1832.3	7°.3		7″.5
„	1833.3	8°.0		8″.0
„	1834.4	8°.4		8″.9
„	1835.4	9°.3		9″.6
Bishop	1841.3	13°.2		14″.3
Kaiser	1842.3	15°.4		14″.5
„	1843.3	15°.6		14″.8
Dembowski	1855.4	17°.0		23″.0
„	1863.4	18°.2		29″.1

Versucht man diese Beobachtungen graphisch darzustellen, so sieht man, dass sich die ganze Bewegung bis auf sehr geringe Abweichungen, die ganz gut in den Beobachtungen selbst liegen können, durch ein geradliniges Fortrücken des einen Sternes um 0″.70 jährlich erklären lässt, während der andere ruhig steht. Die Bewegung scheint dem zu Folge keine Revolution um den fixen Stern zu sein, sondern in die Klasse der sogenannten Eigenbewegungen der Fixsterne zu gehören, und es ist kaum zu zweifeln, dass beide Sterne fort und fort ihre gegenseitige Distanz vergrössern und die charakteristische Eigenschaft, einen Doppelstern zu bilden, endlich ganz verlieren werden. Das Minimum der Distanz von etwa 3.4 Sekunden dürfte um das Jahr 1823 stattgefunden haben.

Der Doppelstern γ nördliche Krone ist eines der feinsten und schwierigsten Objekte. Der Hauptstern ist 4. Grösse und grünlich, der Begleiter 7. Grösse und purpurfarbig. Er wurde von W. Struve im Jahr 1826 mit dem Dorpater Refraktor entdeckt, wo sein Positionswinkel 111°, seine Distanz 0″.7 betrug. Sechs Jahre später (1832) war nach Struve die Distanz nur mehr 0″.4; Herschel d. j. sah ihn um dieselbe Zeit mit dem 20füssigen Teleskope und einer 600maligen Vergrösserung vollkommen rund. In den Jahren 1835, 1836 konnte Struve nur zuweilen mit Mühe eine längliche Gestalt des Hauptsternes erkennen, und zwar in der Richtung von beiläufig 330° Pos.-W.; dagegen sah ihn Dawes im Jahr 1843 schon wieder deutlich getrennt, bei Pos.-W. = 289°, somit nahe auf der entgegengesetzten Seite vom Hauptsterne, als bei Struve's erster Messung im Jahr 1826. Die Ebene der Bahn scheint daher sehr nahe mit der Gesichtslinie zum Stern zusammen zu fallen. Zwar liesse sich die ganze beobachtete Ortsveränderung auch durch eine geringe Eigenbewegung eines der beiden Sterne erklären, ohne sie zu einem Doppelsternsysteme zu verbinden; allein dann würde für das Jahr 1780 eine Distanz von mehreren Sekunden folgen, und ein so auffallender Doppelstern hätte wohl von Herschel d. ä. nicht leicht übersehen werden können.

Der schöne Doppelstern α im Herkules wurde vom älteren Herschel entdeckt. Der Centralstern ist 3. Grösse und tiefgelb, der Begleiter ist 6. Grösse und blau oder blaugrün. α Herkules ist veränderlich, im Maximum ist er 3., im Minimum 3.4 Grösse. Die Zeit einer ganzen Periode zwischen zwei grössten Werthen der Helligkeit beträgt etwa vier Monate. Struve glaubt, dass der kleinere Stern der veränderliche sei; wenigstens hat er diesen bald 5., bald 7. Grösse notirt;

die Bewegung des Begleiters scheint sehr schwach zu sein. Bahnbestimmung war bisher keine möglich.

Von dem merkwürdigen Sternenpaare 61 im Schwan, nach Flamsteed's Verzeichnisse so genannt, ist für das Jahr 1850 die Rektascension 315° 2′ und die Deklination + 38° 0′; er steht daher nahe südöstlich bei dem südlichen Fusse des Schwanes in der Nachbarschaft der Milchstrasse. Dieser Doppelstern ist ein für die Wissenschaft in mehrfacher Beziehung höchst wichtiges Objekt am Himmel. Der hellere Stern ist 5.6 Grösse, der Begleiter 6.; beide sind gelb oder orange, der kleinere jedoch ist stärker gefärbt als der Centralstern. 61 Schwan gehört bekanntlich unter diejenigen Sterne, welche eine auffallend starke Eigenbewegung besitzen. Diese beträgt nach Argelander in einem Jahre für den Centralstern in Rektascension + 5″.11, in Deklination + 3″.23; für den Begleiter: in Rektascension + 5″.19, in Deklination + 3″.00. Eine Bahnbestimmung ist noch nicht ausführbar, da die vom Begleiter während des letzten Jahrhunderts zurückgelegte Bahnstrecke sich noch nicht merkbar von einer geraden Linie unterscheidet. Es scheint also hier eine Bahn von sehr grossem Halbmesser und muthmasslich auf mehr als ein Jahrtausend sich erstreckender Umlaufszeit vorzuliegen.

§. 203. (Das allgemeine Gesetz der Schwere wird auch von den Doppelsternen befolgt.) Es lässt sich mit geometrischer Schärfe beweisen, dass wenn ein Körper um einen andern in einer Ellipse einhergeht, in deren einem Brennpunkte der andere Körper liegt, die Anziehungskraft des letzteren sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers von dem anziehenden verhält. Diess ist, wie die Beobachtungen zeigen, der Fall bei allen Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems, woraus wir den Schluss gezogen haben, dass die Sonne auf die Planeten, und dass diese Planeten auf ihre Satelliten nach diesem von Newton entdeckten Gesetze der allgemeinen Schwere wirken. Allein dasselbe ist auch, wie wir so eben gesehen haben, der Fall bei den Doppelsternen, die ebenfalls in Ellipsen sich um ihren Centralkörper bewegen, welcher letzte immer den einen Brennpunkt dieser Ellipse einnimmt. Wir werden daher berechtigt sein, anzunehmen, dass dasselbe Gesetz, welches alle Bewegungen unseres Planetensystems regelt, auch jenseits der Grenze dieses Systems statthabe, und dass es daher wahrscheinlich das allgemeine Gesetz der ganzen Natur ist.

§. 204. (Farben der Doppelsterne.) Noch haben wir einer Eigenthümlichkeit dieser Sternenpaare zu erwähnen, die selbst für den blossen Anblick derselben zu auffallend ist, als dass sie hier übergangen werden dürfte.

Unter den einfachen Sternen des Himmels sieht man gewöhnlich nur solche, die in weissem Lichte glänzen, das mehr oder weniger der gelben Farbe sich nähert und nur selten in das Röthliche übergeht.

Allein blaue oder grüne Sterne hat man, unter den einfachen Fixsternen, bisher fast nie gefunden. Die meisten Farben derselben sind, wenn sie nicht weiss sind, von dem untern Ende des bekannten Sonnenspektrums genommen, wo die rothe und besonders die gelbe Farbe vorherrscht, und nur höchst selten von dem obern Ende, wo die blaue und grüne Farbe überwiegt.

Nicht so ist es bei den Doppelsternen. Bei diesen hat gewöhnlich

der grössere oder der Centralstern eine weisse Farbe, die aber auch sehr oft in's Gelbe, seltener in's Rothe fällt, ganz wie bei den einfachen Sternen, während im Gegentheile der ihn begleitende Satellit in den allermeisten Fällen blau oder grün ist. Doch gibt es auch andere, obgleich seltenere Fälle, wo der grosse weiss oder gelb und der kleine roth, oder wo der grosse orange und der kleine grün, oder wo auch beide zugleich blau sind, und häufig erscheinen diese Farben so ausgesprochen und lebhaft, dass sie schon auf den ersten flüchtigen Anblick derselben auffallend hervortreten.

§. 205. (Complementäre Farben.) Jedermann kennt das Sonnenspektrum (oben §. 9) oder das längliche Farbenbild, das man erhält, wenn man durch eine enge Oeffnung eines verschlossenen Zimmers die Sonnenstrahlen eintreten lässt, und sie, nachdem man sie durch ein Glasprisma geleitet hat, auf einer der Oeffnung gegenüberstehenden Tafel auffängt. In diesem Spektrum unterscheidet man gewöhnlich sieben Farben, obschon es angemessener wäre, deren nur sechs zu bezeichnen, von welchen die eine in die andere durch allmähliche Abstufungen übergeht. Der unterste Theil desselben ist nämlich roth, und dann folgen aufsteigend die Farben: Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett. Die beiden letzten sollte man unter der gemeinschaftlichen Benennung »violett« zusammenfassen, da sie doch beide nur Abstufungen der in das Rothe spielenden blauen Farbe sind. Newton, der zuerst sieben Hauptfarben annahm, scheint diese Zahl einer kleinen Schwärmerei zu Liebe vorgezogen zu haben, indem er sie mit den sieben Tönen der Octave, mit den damaligen sieben Planeten, und mit andern mystischen Eigenschaften dieser für heilig gehaltenen Zahl in Verbindung bringen wollte.

Theilt man die Peripherie eines Kreises in sechs gleiche Theile, und nennt den ersten Theil roth, den zweiten angrenzenden orange, den dritten gelb, dann grün, blau und violett, so liegt in der so bezeichneten Figur jeder Farbe jene gegenüber, welche man deren complementäre genannt hat, weil sie, mit ihr gemischt, weisses Licht hervorbringt. So ist also

grün die complementäre Farbe von roth,
violett „ „ „ „ gelb, und
orange „ „ „ „ blau.

Man will bemerkt haben, dass je zwei complementäre Farben einen gefälligeren Eindruck auf das Auge machen, als z. B. grün und gelb, etwa wie zwei um eine Terze oder Octave entfernte Töne den Ohren angenehmer sind, als andere. Wie es aber auch mit dieser Eigenschaft der complementären Farben beschaffen sein mag, so wollen wir hier uns nicht näher damit befassen, und einer andern Eigenthümlichkeit derselben erwähnen, die ganz besonders zu unserem gegenwärtigen Zwecke gehört.

Wenn man nämlich einer schwach erleuchteten weissen Fläche ein gefärbtes, intensives Licht nahe bringt, so erscheint diese weisse Fläche sogleich in der complementären Farbe jenes Lichtes. Wird z. B. einem matt erleuchteten weissen Papier ein stark rothes Licht genähert, so erscheint das Papier nicht roth, sondern grün; und war jenes Licht gelb, so erscheint das Papier violett; war endlich jenes Licht blau, so wird das Papier orangefarb erscheinen. Aus dieser Ursache erblickt

man eine weisse Wand voll violetter Flecken, wenn man kurz zuvor das Auge gegen die Sonne gerichtet hat.

§. 206. (Sind die Farben der Doppelsterne aus diesem Grunde zu erklären?) Man hat die Meinung geäussert, dass die zwei Farben, in welchen man gewöhnlich die Doppelsterne sieht, aus diesen complementären Farben zu erklären seien, und dass daher diese Farben der Sterne nicht reell, sondern nur optische Illusionen unsers Sehorgans sind. Es hat auch in der That Zöllner nachgewiesen, dass die Farbe eines Sternes durch die Nähe eines andern gefärbten, sehr beeinflusst wird. Bringt man nämlich in dem von ihm erdachten Photometer einen künstlichen Stern möglichst nahe an einen weissen, so dass beide den Eindruck eines Doppelsternes machen, und ertheilt man dann dem künstlichen Sterne verschiedene Farben, so wird man überrascht, durch die auffallend complementäre Färbung, die der natürliche Stern annimmt. Beispiele für eine solche Zusammenstellung gibt es aber genug. So ist bei γ Andromeda der grosse roth und der kleine grün, hingegen bei γ Krone der grosse grün, der kleine roth; bei σ Krone, ι Krebs der grosse orange und der kleine blau u. s. w.

Allein auch an zahlreichen Ausnahmen fehlt es nicht. So findet man sehr oft einen kleinen blauen oder rothen Stern neben dem grossen weissen, wie in λ Widder, ε Perseus, β Cepheus, ι Cassiopeja, ζ Krone u. f. Da hier weder roth noch gelb ist, woher soll die complementäre Farbe kommen? — Bei andern Doppelsternen sind sogar beide blau oder gelb, wie bei δ Schlange, ζ Krebs u. f. Bei α Walfisch, β Schwan, o Cepheus u. f. ist der grosse gelb, der kleine blau; bei $\varkappa$ im Schiffe Argo hingegen der grosse blau und der kleine dunkelroth.

Alle diese und viele andere Beispiele zeigen deutlich, dass wenigstens bei sehr vielen, wo nicht bei den meisten Doppelsternen, dieser Unterschied der Farben keine optische Täuschung, sondern eine diesen Sternen selbst zukommende Eigenthümlichkeit ist. Uebrigens gibt es ein einfaches Mittel, sich von dieser Eigenthümlichkeit der Farben der Doppelsterne zu überzeugen. Man darf nur den grösseren mit einem im Brennpunkte des Fernrohrs ausgespannten dicken Faden bedecken und zusehen, ob dann der kleine, wenn er auf diese Weise allein im Fernrohr erscheint, noch immer seine frühere blaue oder grüne Farbe behält. Diess ist in der That häufig der Fall, zum Beweise, dass diese blaue oder grüne Farbe den kleineren Sternen eigenthümlich ist. Indess behauptet der jüngere Herschel, der doch so viele Erfahrungen über die Doppelgestirne gesammelt hat, dass ihm durchaus noch kein Fall vorgekommen sei, wo der eine der beiden Doppelsterne grün oder blau erschienen wäre, wenn er nicht zugleich sehr nahe bei einem grösseren rothen oder gelben Sterne stand, so dass also jene Farbe des kleinen Sterns allerdings aus der complementären Farbe erklärt werden könnte. Ihm erscheinen, wie er versichert, alle Sterne, deren Farbe sich nicht gegen gelb oder roth neigt, weiss, vorausgesetzt, dass keine Lampe in der Nähe des Beobachters ist. Nach seiner Behauptung sind alle Farben der Sterne nur aus dem untern Ende des Spektrums genommen, wo das rothe und gelbe Licht überwiegt, und durchaus keine von dem oberen Ende, wo die blaue und grüne Farbe vorherrscht. Da aber andere Beobachter diese blaue und grüne Farbe so oft schon gesehen haben, so glaubt er den Grund davon in der grünlichen Farbe des Kron-

glases zu finden, die man bei den achromatischen Fernröhren der Engländer so oft antrifft. Allein die neueren Fernröhre von Fraunhofer haben diese grüne Färbung ihrer Objektivgläser nicht. Vielleicht dass umgekehrt die Abwesenheit der blauen und grünen Farbe bei Herschel's Teleskopen in den Metallspiegeln derselben zu suchen ist, die bekanntlich, der höheren Politur wegen, viel Kupfer enthalten, welches den rothen und gelben Lichtstrahlen ein Uebergewicht geben und die blauen und grünen Farben beträchtlich schwächen mag. Wir wollen die Entscheidung dieses Gegenstandes unsern Nachkommen überlassen, da uns noch die zweckmässigen Beobachtungen dazu fehlen. Es ist möglich und selbst sehr wahrscheinlich, dass sie durch diese Untersuchungen auf sehr interessante Resultate geführt werden, wenn anders der Gegenstand nicht auch für sie noch mit zu grossen Schwierigkeiten verbunden sein wird, um ihn in's Reine zu bringen.

§. 207. (Doppelsterne als Prüfungsmittel der Fernröhre.) Wenn man mit mehreren Fernröhren denselben irdischen Gegenstand, z. B. eine Thurmspitze, beobachtet, so steht man oft an, zu sagen, mit welchem von diesen Fernröhren man besser sieht. Sicherer ist es schon, zu diesem Zwecke ein gedrucktes Blatt in einiger Entfernung vor den Fernröhren aufzustellen, und für jedes Fernrohr das Blatt so lange zu entfernen, bis man dasselbe nicht mehr deutlich lesen kann, von anderen hierzu erdachten irdischen Proben nicht zu sprechen. Die Astronomen aber, die schon gewohnt sind, die Gegenstände des Himmels auch zu diesem Zwecke anzuwenden, pflegen die Güte ihrer Fernröhre dadurch anzugeben, dass sie sagen, dasselbe zeige die Phasen des Venus, die Streifen Jupiters, den Schatten des Saturnringes u. dgl. mehr oder minder deutlich. Allein man sieht, wie viel dabei noch Unbestimmtes zurückbleibt, und dass solche Aussagen keine Basis zu einer eigentlichen Klassifikation der Fernröhre abgeben können.

Anders verhält sich diess mit den Doppelsternen. Da es sich bei der Untersuchung der Güte eines Fernrohres vorzüglich darum handelt, ob die Strahlen, die von irgend einem Punkte eines Gegenstandes ausser ihm kommen, durch das Objektiv wieder genau in einen einzigen Punkt vereinigt werden, oder mit andern Worten, ob die Bilder, welche die Fernröhre von den Gegenständen machen, ganz rein und vollkommen deutlich sind, worin eben der Hauptvorzug eines jeden guten Fernrohrs besteht, so werden die Doppelsterne ein ganz vorzügliches Mittel sein, das Dasein oder den Mangel dieses Vorzugs zu beweisen. Es ist bereits oben gesagt worden, dass die Fixsterne alle, in guten Fernröhren, nur als eben so viele untheilbare Punkte, ohne allen merklichen Durchmesser, erscheinen. Zwar sieht man sie öfter als Scheibchen von beträchtlicher Dimension, die oft nicht einmal ganz rund und noch überdiess mit Strahlen versehen sind. Aber diese Erscheinungen sind nur eben so viele Fehler des Fernrohres, von welchen übrigens auch ein Theil in der Beschaffenheit des Auges liegen mag. Ein gesundes Auge soll durch ein vollkommen gebautes Fernrohr alle Sterne, auch die hellsten, als reine Punkte sehen, und überhaupt alle von jedem einzelnen Punkte eines Gegenstandes kommenden Strahlen, nach der Brechung derselben, genau wieder in einen einzigen scharfen Punkt vereinigen. Die Doppelsterne sind solche Gegenstände, die nur aus zwei Punkten bestehen, die überdiess hellglänzend auf dem dunkeln Hintergrunde des

Himmels stehen, und die daher ganz besonders geeignet sind, zu entscheiden, ob diese beiden Punkte sich auch in ihrem Bilde, in dem Fernrohre, wieder genau als solche zeigen. Wenn die beiden Sterne sehr hell sind und z. B. beide wenigstens zu der 1. bis 5. Grösse gehören, und wenn sie überdiess sehr nahe bei einander stehen, wie Castor, γ Jungfrau, ξ grosser Bär, so wird eine sehr grosse Reinheit des Bildes nöthig sein, um diese zwei hellen Punkte auf ihrem dunkeln Grunde scharf abgesondert und in ihren nächsten Grenzen nicht verwaschen oder in einander laufend zu sehen; und im Gegentheile, wenn beide Sterne oder auch nur der eine derselben sehr klein ist, so wird eine grosse raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs, wie diess W. Herschel zu nennen pflegte, erforderlich sein, um so feine und lichtschwache Punkte, selbst wenn sie einzeln am Himmel stünden, überhaupt noch sehen zu können, um so mehr also, wenn derlei feine Sterne neben sehr hellen stehen, wo ihr ohnediess geringes Licht durch diese noch mehr vermindert wird. Denn beim Durchgange durch die Hornhaut des Auges verhalten sich die Strahlen des helleren Sternes, wie beim Eintritte in einen zwar durchsichtigen aber an der Oberfläche nur flüchtig und ohne besondere Sorgfalt polirten Körper. Ein Theil dieser Strahlen wird daher regelmässig gebrochen, und bildet auf der Netzhaut das Bild des helleren Sterns; ein bedeutender Theil derselben wird aber, wie Arago sehr richtig bemerkt, zerstreut, und beleuchtet dadurch die ganze Netzhaut. Diess ist die Ursache, warum wir den schwächeren Stern auf einem hellen Hintergrunde, und also sein Bild gewissermassen durch die Nähe des grösseren Sternes verdunkelt erblicken.

Man sieht also, dass durch die Doppelsterne sowohl die Kraft, als auch die Richtigkeit der Konstruktion des Fernrohrs sehr vortheilhaft und sicher untersucht werden, und dass man dadurch gleichsam ein bestimmtes Mass erhält, nach welchem man diese Instrumente unter sich vergleichen kann.

Zu diesem Zwecke folgen hier einige dieser Doppelsterne, die sowohl für schwächere, als auch für stärkere Fernröhre als Prüfungsmittel gebraucht werden können.

I. Sehr leicht und schon durch gewöhnliche achromatische Fernröhre von etwa zwei Fuss Fokallänge und zwei Zoll Oeffnung lassen sich die folgenden Doppelsterne erkennen:

ζ Grosser Bär, Distanz $\Delta = 14''$ und scheinbare Grösse *III.* und *V.* (siehe oben §. 190).
γ Andromeda, $\Delta = 11''$, Grösse *III. V.*
Θ Schlange, $\Delta = 22''$, Grösse *IV. IV.*
κ Herkules, $\Delta = 31''$, Grösse *V. VII.*
ζ Leier, $\Delta = 44''$, Grösse *IV. V.*

II. Schon stärkere Fernröhre, etwa von 4 Fuss Brennweite und 3 oder 3½ Zoll Oeffnung erfordern die folgenden:

Castor, $\Delta = 5''$, Grösse *III. IV.*
π Bootes, $\Delta = 6''$, Grösse *IV. VI.*
ζ Krone, $\Delta = 6''$, Grösse *IV. V.*
ζ Krebs, $\Delta = 5''$, Grösse *V. VI.* (Der entferntere Begleiter zu verstehen.)

ι Fische, *Δ* = 6″, Grösse *VII. VII.*

α Kleiner Bär, oder der Polarstern, *Δ* = 19″, Grösse *II.* X., ist bloss desshalb schwerer zu sehen, weil der Satellit so klein ist.

III. Fernröhre von 7 bis 8 Fuss Brennweite und 5 bis 6 Zoll Oeffnung werden für die folgenden Doppelsterne erfordert:

φ Jungfrau, *Δ* = 4″, Grösse *V. XIV.* *)

ϱ Herkules, *Δ* = 4″, Grösse *IV. VI.*

ε Bootes, *Δ* = 3″, Grösse *III. VI.*

β Orion (Rigel), *Δ* = 9″, Grösse *I.* und *X.*

7 Stier (§. 196, der nähere), *Δ* = 1″, Grösse *VIII. VIII.*

ζ Bootes, *Δ* = 1″, Grösse *III. IV.*

ε Widder, *Δ* = 1″, Grösse *VI. VII.*

IV. Als vorzüglich feine und nur durch ausgezeichnete Fernröhre erkennbare Doppelsterne können die folgenden gelten:

Der Begleiter vom oben angeführten *γ* Andromeda, der selbst wieder doppelt.

φ Grosser Bär, *Δ* = 0″.5, Grösse *V. V.*

Bei *β* Steinbock (*AR* = 303° 0′, Decl. = — 15° 15′, *Δ* = 3″, Grösse *XVII. XVIII.*

Bei *β* Füllen (*AR* = 319° 45′, Decl. = + 16° 11), *Δ* = 2″, Grösse *XIV. XV.*

Die beiden kleinen Sterne im Trapez von *Θ* Orion (s. oben §. 196).

Bei dem vorletzten dieser Doppelsterne ist der Begleiter selbst wieder doppelt. Ein Fernrohr, welches Doppelsterne wie die letzten deutlich zeigt, ist zu den schwierigsten Untersuchungen geeignet, und kein Fernrohr soll, nach Herschel's Meinung, die Satelliten des Uranus zeigen, wenn es diese Prüfung nicht besteht.

§. 208. (Planeten der Doppelsterne.) Da die Doppelsterne ohne Zweifel unserer Sonne ähnliche Körper sind, so kann man nicht wohl zweifeln, dass auch sie mehreren Planeten und Kometen, die sich um diese Sonnen bewegen, Licht und Wärme geben werden. Es kann nicht unsere Absicht sein, die Leser mit der näheren Beschaffenheit dieser sekundären Himmelskörper bekannt zu machen. Da sie wahrscheinlich ihr Licht nur von ihren beiden Sonnen erhalten, so werden sie uns, ihrer grossen Entfernung wegen, wohl immer unbekannt bleiben. Indessen sei es uns doch erlaubt, einige Muthmassungen über die Bahnen dieser Planeten der Doppelsterne vorzutragen, die ohne Zweifel von den Bahnen unserer Planeten und Kometen sehr verschieden sein werden.

Diese letzten bewegen sich nämlich nur um einen einzigen Centralkörper, die Sonne, und da sie von dieser nach dem von Newton entdeckten Gesetze angezogen werden, so können sie nur, wie sich durch Rechnung mit der grössten Evidenz zeigen lässt, entweder Ellipsen oder Hyperbeln beschreiben; der Kreis und die Parabel sind zwar auch möglich, aber unendlich weniger wahrscheinlich, als jene beiden krummen Linien.

Allein viel verwickelter werden diese Bahnen, wenn die Planeten von zwei Sonnen, deren übrigens jede nach demselben Newton'schen Gesetze wirkt, angezogen werden. Wenn man auch die unzähligen

*) Die Grössen sind nach J. Herschel angegeben, der bei Doppelsternen 20 Grössenklassen schätzt.

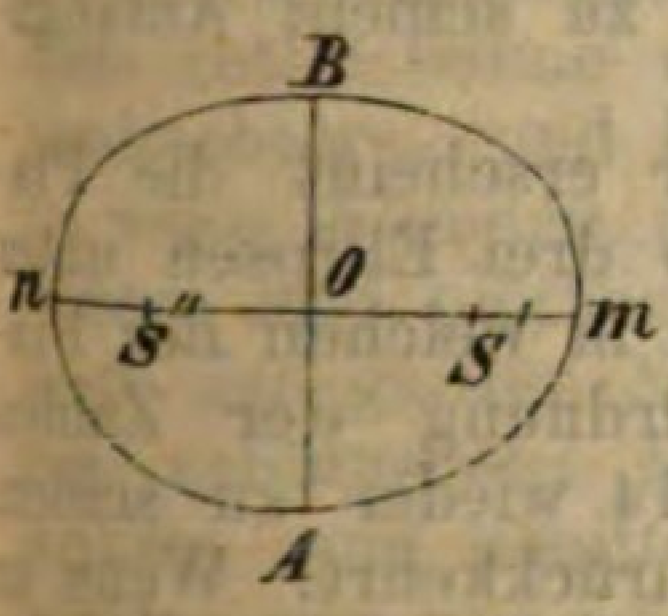
Fälle unbeachtet lässt, wo diese Bahnen förmliche Schraubenlinien oder Spiralen werden, deren kein Theil mit dem nächstfolgenden in derselben Ebene liegt, so gibt es doch noch immer unendlich viele andere krumme Linien, deren jede ganz in derselben Ebene liegt, und die doch unter einander völlig verschieden und oft auf das Sonderbarste gestaltet sind.

Euler und nach ihm Legendre haben einige der hier statthabenden Fälle näher untersucht und sehr überraschende Resultate gefunden, von welchen wir hier nur einige der vorzüglichsten kurz anführen wollen.

Wenn die Massen der beiden Sonnen gleich gross sind, so beschreibt der Planet eine Ellipse, in deren Brennpunkten jene zwei Sonnen liegen, aber so, dass die Geschwindigkeiten des Planeten in den beiden Endpunkten der grossen Axe dieser Ellipse gleich gross, und dass auch die Zeiten durch die vier Quadranten, d. h. von dem Endpunkte der einen bis zu dem der andern Axe der Ellipse, von gleicher Grösse sind.

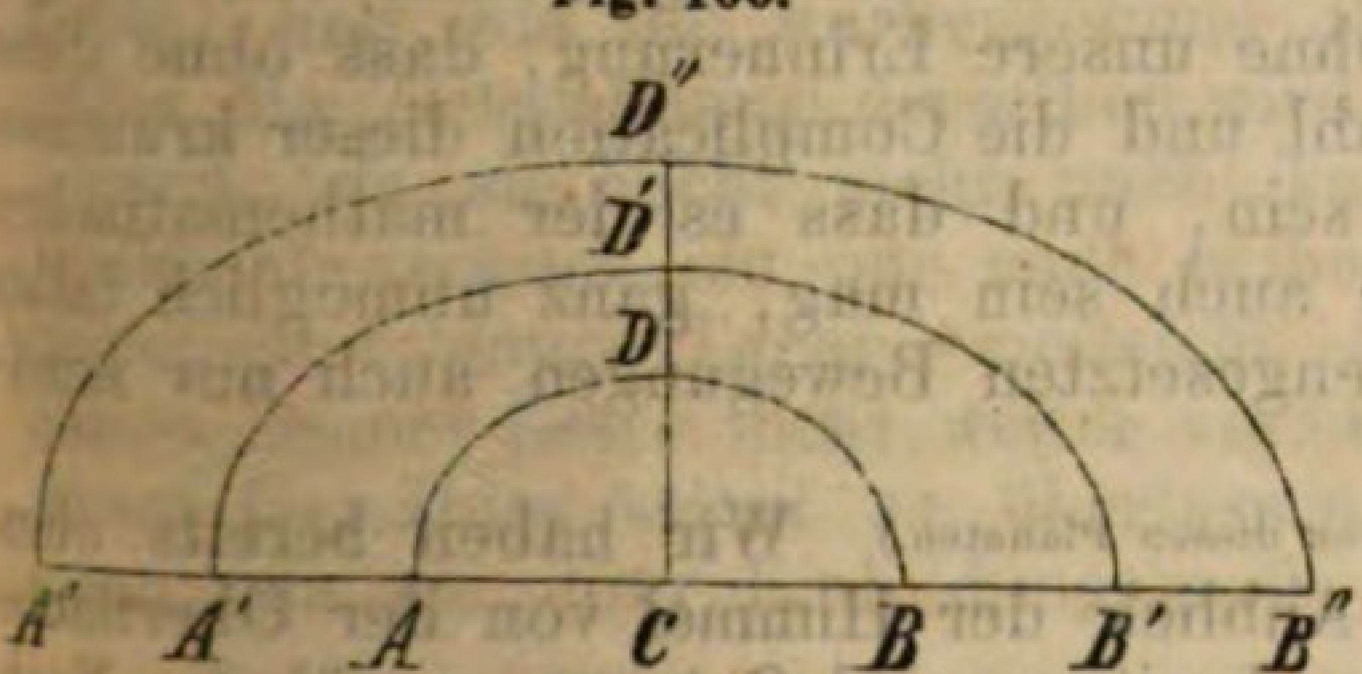
Wenn die Massen der beiden Sonnen gleich gross sind, aber die erste S' eine anziehende und die andere S'' eine eben so grosse abstossende Kraft hat, so beschreibt der Planet wieder eine Ellipse, aber nur die eine Hälfte derselben. Ist nämlich $AmBn$ (Fig. 99) diese Ellipse, sind mn und AB die grosse und kleine Axe derselben, und liegt die abstossende Sonne S'' auf der Seite von n, so wird der Planet von m, wo er seine grösste Geschwindigkeit hat, nach dem Punkte A gehen, während seine Geschwindigkeit immer abnimmt, bis sie in dem Punkte A gänzlich verschwindet. Von da geht der Planet nicht in derselben Richtung nach n weiter, sondern wieder zurück durch denselben Bogen Am, in welchem er gekommen ist. Wenn er so in m mit seiner grössten Geschwindigkeit ankommt, so geht er von da weiter bis an den Endpunkt B seiner kleinen Axe, wo seine Geschwindigkeit wieder verschwindet. Von dem Punkte B geht er dann wieder durch den Bogen BmA zurück, um, wenn er in A ankommt, seine vorige Bewegung durch den Bogen AmB zu wiederholen, in welchem er also, gleich einem Pendel, seine Schwingungen auf- und abwärts immerwährend fortsetzt, ohne je in die übrige Hälfte AnB seiner Ellipse zu kommen.

Fig. 99.



Unter bestimmten andern Verhältnissen der anziehenden Kräfte der beiden Sonnen, in Verbindung mit der Wurfkraft, welche der Planet bei seiner Entstehung erhalten hat, wird er zwar wieder eine Ellipse, aber eine veränderliche Ellipse beschreiben. Wenn er z. B. von dem Punkte A (Fig. 100) der grossen Axe A'' B'' ausgeht, so wird er den Bogen ADB beschreiben, aber dann auf der andern Seite von $A''B''$ einen solchen Weg nehmen, dass er, am Ende seiner ersten Revolution die Linie A'' B''

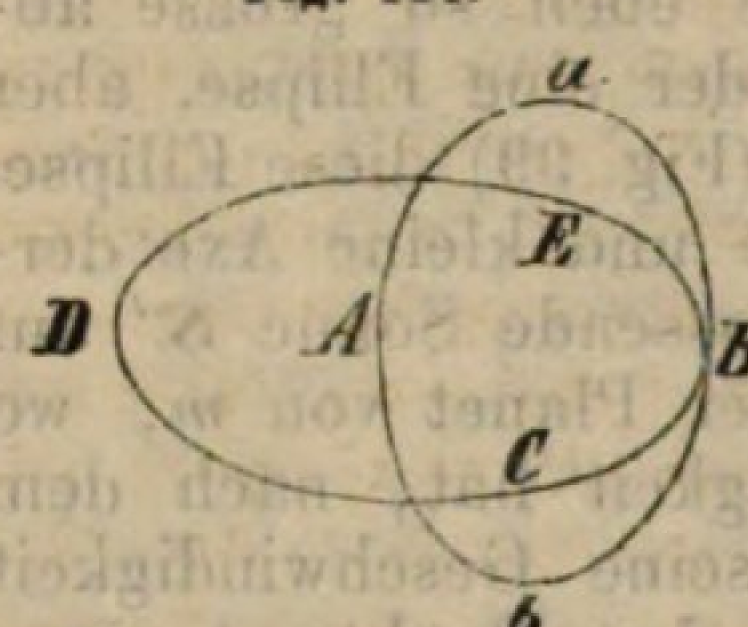
Fig. 100.



nicht mehr in *A*, sondern in dem Punkte A′ schneidet; von da geht er durch den Bogen *A′ D′ B′* und unter der Linie *A″ B″* in einem neuen Bogen auf eine solche Art weiter, dass er jetzt, am Ende der zweiten Revolution, jene Linie in dem Punkte *A″* schneidet. Von dem Punkte *A″* geht er nun durch den Bogen *A″ D″ B″* und durch den ihm entsprechenden unteren Bogen so, dass er, am Ende der dritten Revolution wieder nach *A′*, und am Ende der vierten Revolution endlich wieder nach dem Punkt *A* gelangt, von welchem er ausgegangen ist. — In andern besondern Fällen kommt er erst nach fünf, sechs oder mehr Revolutionen zu seinem Anfangspunkte, oder er durchschneidet in den auf einander folgenden Revolutionen die Linie *AA″* und *BB″* allmählich in allen auf einander folgenden Punkten derselben, so dass die Bahn immer zwischen den beiden Grenzellipsen *ADB* und *A″D″B″* enthalten ist, zwischen welchen die wahre Bahn des Planeten nach und nach gleichsam anschwillt und sich dann wieder zusammen zieht.

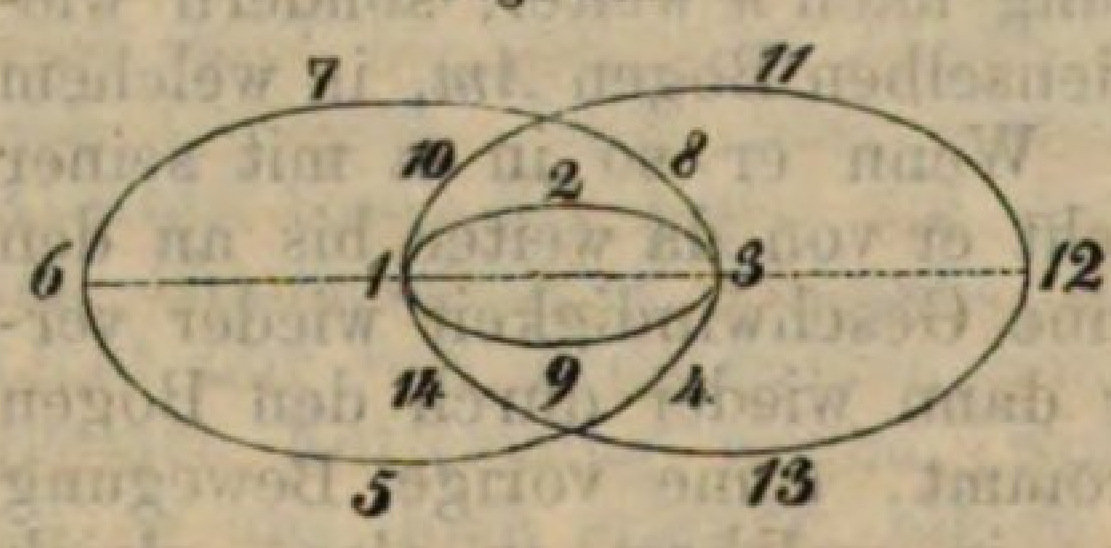
Wieder in andern Fällen wird eine Art von in sich selbst zurückkehrender Doppellinie beschrieben, wie man Fig. 101 sieht. Hier geht der Planet von dem Punkte *A* seiner grossen Axe aus durch den Halbkreis *AaB* der kleinen ellipsenartigen Linie; in *B* tritt er in die grosse Ellipse *BCD*; in *D* hat er die Hälfte seiner Revolution zurückgelegt und geht dann durch den Bogen *DEBbA* wieder zu seinem Anfangspunkt *A* zurück.

Fig. 101.



Noch zusammengesetzter erscheint die Planetenbahn in Fig. 102, wo drei Ellipsen unter einander verschlungen sind, in welchen der Planet nach der Ordnung der Zahlen 1, 2, 3 . . . 13, 14 wieder zu seinem Anfangspunkt 1 zurückkehrt. Wenn er zum zweitenmal in den Punkt 3 der grossen Axe kommt, hat er die erste Hälfte seiner Revolution geendet, daher dieser Punkt als der Mittelpunkt der ganzen Bahn betrachtet werden kann, einer Bahn, die vier sogenannte Knoten in den Punkten 1, 3, und zwischen den Punkten, 7, 8, und 13, 14, hat.

Fig. 102.



So mannichfaltig sind also die Bahnen der Planeten der Doppelsterne, selbst wenn man nur diejenigen betrachtet, die, wie unsere Planetenbahnen, ganz in einer einzigen Ebene liegen, und wenn man die Attraktion der beiden Sonnen dem Gesetze der allgemeinen Schwere gemäss voraussetzt. Man sieht ohne unsere Erinnerung, dass ohne diese doppelte Beschränkung die Anzahl und die Complication dieser krummen Linien noch ungleich grösser sein, und dass es der mathematischen Analysis, so vollkommen diese auch sein mag, ganz unmöglich fallen würde, diese äusserst zusammengesetzten Bewegungen auch nur annähernd zu bestimmen.

§. 209. (Anblick des Himmels von diesen Planeten.) Wir haben bereits oben gesehen, welchen sonderbaren Anblick der Himmel von der Oberfläche des Mondes oder der Satelliten Jupiters und Saturns gewährt. Noch

viel auffallender werden aber die Erscheinungen sein, welche derselbe den Bewohnern der Planeten der Doppelsterne darbietet. Die mannigfaltig verwickelten und in einander geschlungenen Bahnen dieser Planeten, die wir so eben betrachtet haben, werden die Bewohner derselben, welche diese Bahnen von immer geändertem Standpunkte aus betrachten, über die wahre Beschaffenheit derselben wahrscheinlich noch viel ungewisser machen, als wir selbst über die Bahnen unserer Planeten Jahrtausende hindurch gewesen sind, bis es endlich dem Scharfsinne zweier seltener Männer, Kopernicus und Kepler, gelang, uns dieselben näher kennen zu lehren. Denken wir uns noch dazu die Satelliten, die Ringe dieser Planeten und ein ganzes Heer von Kometen, welche sie nach jeder Richtung umschwärmen, alle in einen verhältnissmässig sehr kleinen Raum zusammengedrängt, — so wird es schwer, sich von diesem Schauspiele eine nur einigermassen getreue Vorstellung zu machen.

Welchen Eindruck auf unser Auge, welche Veränderungen in der ganzen uns umgebenden Natur würde überdiess eine rothe, eine grüne oder eine blaue Sonne erzeugen! — Wir haben bereits oben (*II.* §. 9) Gelegenheit gehabt, die Wirkungen der gefärbten Sonnenstrahlen auf die Körper der Natur näher anzugeben. Wenn wir aber diese wunderbaren Farbenspiele der Natur schon unserer einzigen Sonne verdanken, — welch' ein ganz anderes Schauspiel mögen in jenen Regionen zwei und mehrere Sonnen von verschiedenen Farben erzeugen! — Eine rothe Sonne erhebt sich dort über den Horizont des erstaunten Beobachters, und Erde und Himmel schwimmt in ihrem Purpurlichte. In wenig Stunden schon folgt ihr eine andere, eine blaue, eine grüne Sonne, und plötzlich ändert sich, mit ihrer Erscheinung, auch der Anblick der ganzen Natur. Neue Welten scheinen mit diesen neuen Sonnen aufzugehen; Erde und Himmel sehen wir in stetem Wechsel begriffen, und inmitten aller dieser Verwandlungen würden wir die Welt, würden wir uns selbst nicht mehr erkennen. So lange die rothe Sonne scheint, wird unsere ganze Erde mit ihrem Rosenlichte übergossen sein; wenn sie untergegangen ist, und die blaue oder grüne Sonne sich erhebt, wird wieder Alles, selbst die Wüste und das Meer, mit einem azurnen oder smaragdenen Teppiche überzogen; und wenn endlich beide Sonnen zugleich über dem Horizonte stehen, und die ganze Natur von zwei complementären Farben beleuchtet wird, so werden alle Gegenstände sofort ihr früheres buntes Kleid ablegen und in einer einförmigen, aschgrauen Farbe zu trauern scheinen. Der Himmel würde nicht mehr blau, die Wiese nicht mehr grün, der Schnee nicht mehr weiss sein, sondern Alles würde, je nach der Tageszeit, in allen Farben spielen. Wie ganz anders als die unsere mag die Optik dieser guten Leute, und wie die Farbengebung ihrer Maler beschaffen sein! Ja selbst die Zeitrechnung derselben wird von der unseren verschieden sein müssen, da sie nicht mehr nach Tagen und Jahren zählen können. Vielleicht rechnen sie nur nach rothen und grünen Zeiten, oder nach gelben und blauen Tagen; vielleicht — doch es ist besser, der Imagination meiner Leser nicht weiter vorzugreifen und ihnen die Vollendung dieses Gemäldes selbst zu überlassen, was ihnen keine Mühe machen kann, da sie ihrer Einbildungskraft keine Zügel anzulegen brauchen,

und da sie überdiess zu ihrem Bilde die Farben kaum zu lebhaft nehmen können.

§. 210. (Veränderlichkeit der Eigenbewegung der Fixsterne.) Ehe wir die Doppelsterne verlassen, wollen wir noch eine eigene Klasse derselben etwas ausführlicher besprechen, welche uns Bessel kurz vor seinem Tode kennen lehrte. Es sind diess jene Fälle, in welchen ein Fixstern mit einem andern, dunkeln oder wenigstens so lichtschwachen Körper verbunden ist, dass dieser letztere uns bisher unsichtbar geblieben, und sein Vorhandensein daher nicht durch unmittelbare Beobachtung erwiesen, sondern nur aus den Wirkungen erschlossen werden kann, die er auf den leuchtenden Körper des Binärsystemes ausübt. Da die Annahme bedeutender dunkler, unsichtbarer Massen anfänglich von verschiedenen Seiten stark in Zweifel gezogen wurde, wollen wir zuerst in Kürze den Gedankengang jener schönen Untersuchung wiederzugeben suchen, in welcher Bessel seine Ansicht begründete, und hierauf zu den Bestätigungen übergehen, welche in der neuesten Zeit für dieselbe aufgefunden wurden.

Da die Eigenbewegungen der Fixsterne (*II.* Abth. §. 188) ohne Zweifel als das Resultat der gegenseitigen Anziehung aller Körper des uns umgebenden Fixsternsystemes anzusehen sind, und da durch sie die relative Lage dieser Körper selbst im Verlaufe einer langen Zeit nur sehr wenig geändert wird, so müssen diese Bewegungen, wenn sonst keine störenden Einflüsse vorhanden sind, viele Jahre, ja selbst Jahrhunderte hindurch gleichförmig erscheinen; und in der That bestätigt sich diess auch in den sehr regelmässigen Aenderungen der Rectascension und Declination der Sterne. Hieraus folgt, dass man die Eigenbewegung eines Fixsterns innerhalb einer bestimmten Zeit, z. B. innerhalb eines Jahres schon aus zwei Beobachtungen desselben zu zwei verschiedenen, möglichst weit von einander entfernten Epochen bestimmen kann, indem man die Ortsveränderung in der Zwischenzeit durch die Anzahl der verflossenen Jahre dividirt. Auf diesem sehr einfachen Wege sind denn auch alle Eigenbewegungen der Fixsterne, so wie sie in mehreren vorzüglicheren Sternverzeichnissen vorkommen, gefunden worden. Aber Bessel hat im Jahre 1844 gezeigt, dass die vorausgesetzte Unveränderlichkeit der Eigenbewegung doch nicht bei allen Fixsternen stattfindet. Er hat nämlich die Positionen von sechsunddreissig der grösseren Sterne, der sogenannten Maskelyne'schen Fundamentalsterne, mit besonderer Sorgfalt untersucht, und namentlich auch ihre Eigenbewegung aus Bradley's und aus seinen eigenen Beobachtungen abgeleitet. Die Resultate dieser mit bewunderungswürdiger Consequenz und Ausdauer durchgeführten Rechnung finden sich in dem von ihm herausgegebenen Werke: *Tabulae Regiomontanae* etc. Später, beiläufig um das Jahr 1840, wurde eine wiederholte Bestimmung der Position der Fundamentalsterne vorgenommen, und es stellte sich dabei ganz unerwartet bei Procyon und Sirius eine auffallende, die möglichen Beobachtungsfehler bei weitem übersteigende Discordanz gegen die früheren Beobachtungen heraus, auf welche die Angaben der *Tab. Reg.* gegründet waren. »Die zweite Bestimmung der Declination der Fundamentalsterne,« sagt Bessel, »welche ich auf die Beobachtungen und Rechnungen des Herrn Dr. Busch gegründet habe, entfernt sich in dem Falle des Procyon so weit von der ersten Bestimmung, dass sie bei

Vergleichung mit der aus Bradley's Beobachtungen abgeleiteten Declination für 1755 den Stern 1''.64 nördlicher angibt, als er für 1820 festgesetzt wurde. Eine ähnliche Abweichung von den früheren Bestimmungen für 1815 und 1825 ist in der Rectascension des Sirius seit etwa 1834 dadurch auffallend geworden, dass die aus seinen Beobachtungen hervorgehenden Verbesserungen der Uhrzeit, mit anfangs seltenen, jetzt (1845) ganz fehlenden Ausnahmen, wenn positiv, kleiner, wenn negativ, grösser sind, als die aus den Beobachtungen anderer Fundamentalsterne abgeleiteten, so dass Sirius seit zehn Jahren in grösserer Rectascension erscheint, als die auf der Vergleichung der Bestimmungen für 1755 und 1825 beruhenden *Tab. Reg.* ihm anweisen. Der Unterschied ist bis auf fast fünf Bogensekunden oder ⅓ Zeitsekunde angewachsen.« Diese Abweichungen deuten darauf hin, dass man aus Beobachtungen zu nur zwei Epochen die Eigenbewegung nicht genau findet, da sie nämlich nicht immer gleichförmig ist.

Bessel untersucht nun weiter, woher eine solche Veränderlichkeit in der Eigenbewegung kommen könne. Er erwähnt, dass diese Erscheinung sich zeigen müsste, wenn irgend ein Fixstern eine gegen die Sonne so stark überwiegende Masse hätte, dass dadurch alle in der Richtung auf ihn zu stattfindenden Bewegungen fortwährend beschleunigt würden. — Zweitens könnte der unbekannte Körper, ohne gerade eine so überwiegende Masse zu besitzen, so nahe an demjenigen liegen, der eine veränderliche Eigenbewegung zeigt, dass die Entfernung gegen die, welche man eine Sternweite zu nennen pflegt, sehr klein ist. Ein isolirter Fixstern nämlich, auf den keine äusseren Kräfte wirken, kann wohl nur entweder ruhen, oder, wie wir schon erwähnt haben, sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit und geradlinig im Raum fortbewegen. Er wird daher auch entweder gar keine Bewegung am Himmel zeigen, oder, wenn er eine solche hat, wird er immer in demselben grössten Kreise bleiben, dessen Ebene durch den Ort des Beobachters und die Richtung der Bewegung des Sternes geht, und die Bewegung in jenem grössten Kreise wird nahezu gleichförmig erscheinen. Sind aber zwei oder mehrere Körper, die sich gegenseitig anziehen, durch eine grössere Nähe unter sich zu einem Systeme verbunden, so wird sich nach einem allgemeinen Principe der Mechanik der sogenannte Schwerpunkt des Systems noch immer gleichförmig und geradlinig fortbewegen, wie ein isolirter Körper; aber die einzelnen Körper des Systems werden eine ungleichförmige Bewegung besitzen, da sie nicht nur am Fortrücken des Schwerpunktes Theil nehmen, sondern zu Folge ihrer gegenseitigen Anziehung zugleich in einer Bewegung um den Schwerpunkt begriffen sind, die desto complicirter sein wird, je grösser die Anzahl der Körper ist, die das System constituiren. — Drittens könnte die Entfernung des unbekannten Körpers von der Sonne gegen eine Sternweite sehr klein sein, und dadurch eine ungleichförmige Bewegung in der Sonne entstehen, die wir auf die andern Sterne übertragen. — Endlich viertens könnte vielleicht aus dem Zusammenwirken aller Sterne eine ungleichförmige Bewegung hervorgehen.

Allein, ohne den Umstand zu berücksichtigen, dass wir gar keinen Punkt des Himmels kennen, wohin wir eine gegen die Sonne überwiegende Masse zu versetzen hätten, so würden bei Zulassung einer solchen

Masse Bewegungen erfolgen müssen, von denen wir am Himmel nichts bemerken. Denn da sich die relative Stellung der übrigen Massen gegen jene grosse bei den ausserordentlich grossen Entfernungen, in denen sie von einander und von dieser stehen, selbst im Verlaufe von vielen Jahrtausenden nur wenig ändert, so müsste eine solche prädominirende Masse, wenn sie als Ursache der in so kurzer Zeit schon merklich werdenden Veränderlichkeit der Eigenbewegung eines Sterns angenommen würde, diese Bewegung viele Jahrhunderte hindurch fort und fort nahe in demselben Sinne ändern, und dadurch mit der Zeit zu einer sehr beträchtlichen Grösse anwachsen machen. Bei einer solchen hypothetischen Masse hätten wir also sehr rasche Eigenbewegungen zu erwarten, die wohl im Allgemeinen viele hundert- ja tausendmal grösser sein müssten, als der Zuwachs oder die Abnahme der Eigenbewegung, die wir seit einem halben Jahrhunderte an den Sternen bemerken. Aber so rasche Eigenbewegungen beobachten wir an den Sternen mit veränderlicher Eigenbewegung nicht; und da es wohl mehr als unwahrscheinlich ist, dass diese Bewegungen gerade in den gegenwärtigen Jahren sämmtlich sehr klein seien, so muss wohl die Voraussetzung einer überwiegenden Masse aufgegeben werden. Aber auch abgesehen von der geringen Wahrscheinlichkeit, welche diese Annahme an sich hat, wird sie durch die ältesten Beobachtungen der Fixsternörter, die auf uns gekommen sind, vollständig widerlegt. Wenn nämlich, wie sich wirklich aus den Beobachtungen der letzten Jahre ergeben hat, die Rectascension des Sirius im Jahre 1843 um 5 Sekunden grösser ist, als sie aus der Vergleichung seiner Rectascension für 1755 und 1825 unter Voraussetzung einer unveränderlichen Eigenbewegung hervorgeht, und wenn dieser Unterschied durch die von der Annahme einer prädominirenden Masse bedingte beständige Veränderlichkeit der Eigenbewegung erklärt werden soll, so beträgt diese jährlich $+\ 0''.006314$, und ihr Einfluss auf die vor 2000 Jahren bestimmte Rectascension des Sternes wäre gleich $0''.006314 \times \frac{(2000)^2}{2}$ oder nahe $3\frac{1}{2}$ Grade, eine Bewegung, von der uns das Hipparch'sche Sternverzeichniss keine Spur zeigt, obwohl sie ungeachtet der geringen Genauigkeit der älteren Sternkataloge deutlich sich herausstellen müsste. — Ganz dieselbe Widerlegung gilt bezüglich der vierten Erklärungsart der veränderlichen Eigenbewegung durch das Zusammenwirken aller Sterne.

Auch die dritte Erklärungsart ist leicht widerlegt. Denn ein Körper, der eine so bedeutende Wirkung auf die Sonne hervorbringen soll, müsste durch seine Nähe an unserem Sonnensystem auch eine merkliche Wirkung auf die die Sonne begleitenden Körper ausüben. Da sich aber ein solcher anziehender Körper von beträchtlicher Masse bisher in den Bewegungen der Planeten nicht verrathen hat, so bleibt die zweite Erklärungsart, vermöge welcher der unbekannte anziehende Körper sehr nahe bei dem Fixsterne steht, dessen Eigenbewegung sich als veränderlich herausstellt, als die einzig statthafte übrig. Letzterer Stern ist also nur ein Theil eines aus zwei oder gar mehr enger unter sich verbundenen Himmelskörpern zusammengesetzten Systemes; die Veränderlichkeit der Eigenbewegung rührt von den innern Bewegungen des Systemes her, und ist eben desshalb in gewisse Grenzen eingeschlossen, also eine Art periodischer Erscheinung,

was mit der beobachteten Kleinheit dieser Veränderungen ganz gut harmonirt. Diess führt nun nothwendig auf die Annahme der Existenz bedeutender Massen, die nicht selbstleuchtend sind. Wenn nämlich, bemerkt Bessel in seiner Abhandlung über diesen Gegenstand, das System als Doppelstern bekannt ist, so kann die Beobachtung einer Veränderlichkeit der Bewegung eines seiner Bestandtheile nicht auffallen, indem ihr Vorhandensein und ihre Periodicität bei jedem Umlaufe beider Bestandtheile um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt nach den Principien der Mechanik erweislich ist. Wenn sie dagegen an einem einfach erscheinenden Sterne bemerkt wird, so führt sie auf die Annahme, dass er der einzige sichtbare Theil eines Systemes ist; auf eine Annahme, deren Statthaftigkeit nur bestritten werden könnte, wenn Grund vorhanden wäre, die Eigenschaft des Leuchtens für eine wesentliche der Materie zu halten. Dass zahllose Sterne sichtbar sind, beweist offenbar nichts gegen das Dasein zahlloser unsichtbarer. Dass der berühmte Tychonische Stern in der Cassiopeja unsichtbar vorhanden (s. unten Kap. *XVI.*), ist nicht zweifelhaft.

Bessel gibt dann das Detail seiner Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Declination des Procyon und der Rectascension des Sirius. Er vergleicht die aus den vorzüglichsten Sternkatalogen genommenen, beobachteten Declinationen des Procyon mit der aus den oben erwähnten *Tab. Reg.* folgenden Declination desselben mittelst eines besonderen Verfahrens, wodurch die relativen Abweichungen der Sternkataloge so viel als möglich eliminirt werden, und findet

		Abweichung von den Tab. Regiom.
aus Bradley *(Fund. Astron.)* für	1755	0″.00
Maskelyne	1770	+ 1.54
Piazzi	1800	+ 1.99
Bessel	1820	0.00
Pond *I.*	1822	— 0.03
Pond *II.*	1822	+ 0.16
Struve	1824	— 0.15
Argelander	1830	+ 0.03
Airy	1830	+ 0.47
Pond	1832	+ 0.84
Henderson	1833	+ 0.89
Busch	1838	+ 1.59
Airy	1838	+ 1.76
Airy	1842	+ 2.78
Bessel	1844	+ 2.62

Die Regelmässigkeit und das fortschreitende Wachsen dieser Unterschiede, besonders seit 1820, ist so entschieden, dass man sie durchaus nicht Beobachtungsfehlern zuschreiben kann, insbesondere, da alle Sternverzeichnisse aus dieser Zeit auf sehr zahlreichen Beobachtungen beruhen und mit der grössten Sorgfalt berechnet sind. Es könnte zwar auf den ersten Blick scheinen, als wenn diese zunehmenden Abweichungen nur davon herrühren, dass die Eigenbewegung des Procyon in Declination nach den *Tab. Regiom.* unrichtig ist, wodurch natürlich der Unterschied zwischen der beobachteten und der aus diesen Tafeln gegenommenen Declination mit der Zeit immer bedeutender werden müsste.

Aber diess könnte nur sein, wenn entweder die Bradley'sche Declination für 1755 oder die Bessel'sche für 1820 bedeutend unrichtig wäre, und zwar um etwa 7 Sekunden. Allein Bessel's Declination stimmt genau mit denen von Pond und Struve, die fast für dieselbe Zeit gelten; und was Bradley betrifft, so kommen nicht einmal bei einzelnen Declinationsbeobachtungen Abweichungen vor, die 7 Sekunden erreichen. Um so viel weniger kann also ein Mittel aus 50 solchen Beobachtungen einer derartigen Unsicherheit unterliegen. Auf diese Gründe gestützt, nimmt Bessel »als ein unzweifelhaftes Resultat der Beobachtungen an, dass die Voraussetzung der Unveränderlichkeit der Declinationsbewegung des Procyon unrichtig ist.« Welcher Art diese Ungleichheit ist und welches Gesetz sie befolgt, darüber kann noch nichts Bestimmtes gesagt werden; aber so viel lässt sich mit Sicherheit schliessen, dass sie eine sehr kurze Periode, von etwa 60 Jahren, hat.

Auf ähnliche Weise behandelt Bessel die Rectascension des Sirius. Die Eigenbewegung des Sirius wurde von ihm aus Bradley's und aus seinen eigenen Beobachtungen abgeleitet, und beide Ausgangspunkte sind mit grosser Sicherheit bestimmt. Um das Jahr 1835 zeigte sich schon eine bedeutende Discordanz der berechneten Position des Sirius von der beobachteten; letztere war nämlich um 0ˢ.19 grösser als erstere. Im Jahre 1843 war dieser Fehler schon auf 0ˢ.32 gestiegen. Bessel vergleicht nun wieder sämmtliche, in den verschiedenen Sternverzeichnissen enthaltene, beobachtete Oerter des Sirius und auch seine Beobachtungen mit den *Tab. Reg.*, wobei er insbesondere Maskelyne's Beobachtungen, von denen eine ganze Reihe wegen Unsicherheiten in wesentlichen Theilen des dazu verwendeten Instrumentes sich als unbrauchbar erwies, einer scharfen Discussion unterzog. In solcher Weise fand er die Abweichungen der Rectascension des Sirius nach den verschiedenen Sternkatalogen gegen die aus den *Tab. Reg.* abgeleitete Rectascension, wie folgt:

Bradley	1755	0ˢ.000
Maskelyne	1767	— 0.079
Piazzi	1800	+ 0.033
Maskelyne	1806	+ 0.016
Bessel	1815	— 0.036
Pond	1819	— 0.083
Bessel	1825	0.000
Struve	1825	— 0.006
Argelander	1828	— 0.003
Airy	1830	+ 0.049
Pond	1832	+ 0.084
Busch	1835	+ 0.188
Airy	1838	+ 0.218
Airy	1842	+ 0.264
Bessel	1843	+ 0.321

Wollte man die berechneten Oerter mit den beobachteten in Uebereinstimmung bringen, so müsste man die jährliche Eigenbewegung des Sternes um 0ˢ.0178 vergrössern und zugleich annehmen, dass Bradley's Rectascension um nahe eine Zeitsekunde falsch sei. Da aber diess ganz unthunlich, indem diese Bestimmung einerseits ein Mittel aus sehr vielen Beobachtungen ist, andererseits ihre Richtigkeit durch andere,

mit Bradley fast gleichzeitige Beobachter, Lacaille und Tobias Mayer, bestätigt wird, so schliesst Bessel, »dass auch die Voraussetzung der Unveränderlichkeit der Rectascensionsbewegung des Sirius mit den neuesten Beobachtungen unvereinbar ist.« Die Periode ihrer Störung scheint etwa ½ Jahrhundert zu sein.

Eine Berechnung der Bahn, welche Procyon und Sirius um den supponirten dunklen Körper, oder richtiger gesagt, welche diese Sterne um den Schwerpunkt ihres Systemes beschreiben, hat jedoch Bessel nicht versucht, weil ihm hauptsächlich wegen der grossen Lücken zwischen den Jahren 1755 bis 1820 das vorhandene Material hierzu nicht hinreichend schien. Diese Ergänzung fügte wenige Jahre später C. A. F. Peters, damals in Königsberg, für den einen der beiden Sterne, nämlich Sirius hinzu, und war daher der erste, welcher unter Annahme der von Bessel aufgestellten Hypothese, dass Sirius mit einer zweiten, unsichtbaren, dunkeln Masse Ein System bilde, und beide sich nach den Newton'schen Gesetzen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen, die beobachteten Ungleichheiten in der Eigenbewegung dieses Sternes theoretisch zu begründen und die elliptische Bahn zu ermitteln versuchte, welche derselbe beschreibt. Er findet

Zeit des Durchganges des Sirius durch den dem Schwerpunkte des Systemes zunächst liegenden Punkt der Bahn	1791.43
Mittlere jährliche Bewegung	7°.187
Umlaufszeit	50.09 Jahre.
Excentricität der Bahn	0.799

Um die Uebereinstimmung zu sehen, welche dadurch in den Rectascensionsbeobachtungen des Sirius hervorgebracht wird, bemerken wir, dass Peters nach Bessel's Vorgange für alle in den Sternkatalogen enthaltenen Siriusbeobachtungen die Rectascensionsdifferenz zwischen Sirius und α des Orion und ebenso zwischen Sirius und β des Orion bildete, und aus beiden jedesmal das Mittel zog. Dieses wurde mit dem analogen, den *Tab. Reg.* entnommenen Mittel verglichen. Die Unterschiede dieser Mittel ergaben die Fehler der Tafeln. Aus diesen Fehlern ist die obige Bahn des Sirius gerechnet, und wir lassen sie hier folgen sammt den Abweichungen, die noch in den Beobachtungen übrig bleiben, wenn man obige Bahn als richtig adoptirt. Beide Reihen sind in Tausendtheilen der Zeitsekunde ausgedrückt:

		Fehler der Tab. Reg.	Uebrigbleib. Abweichung.
Bradley	1757	— 0^s.002	0^s.000
Piazzi	1805.1	+ 27	+ 18
Bessel	1815	— 17	— 11
Pond	1819	— 54	+ 20
Bessel	1825	— 4	— 14
Struve	1825	— 20	+ 2
Argelander	1828	— 17	+ 20
Peters	1830	+ 27	— 4
Airy	1830.5	+ 24	+ 5
Pond	1832	+ 62	— 13
Busch	1835	+ 104	— 3
Airy	1838.5	+ 189	+ 3

			Fehler der Tab. Reg.	Uebrigbleib. Abweichung.
Peters	1839.1	+	222	— 9
Bessel und Busch .	1843	+	327	— 27
Airy	1844.5	+	233	+ 27
Bouris	1847.5	+	189	+ 2
Busch und Wichmann	1848.6	+	190	— 21

Die in der letzten Columne enthaltenen übrigbleibenden Fehler wechseln nicht nur continuirlich das Zeichen, sondern sind überdiess so klein, dass sie ganz gut als Beobachtungsfehler angesehen werden können.

Ausser der Rectascension hat in neuerer Zeit Safford noch die Declination untersucht, und auch in dieser Coordinate eine Veränderlichkeit der Eigenbewegung nachgewiesen, welche durch eine ähnliche Bahn, wie sie Peters aus den Rectascensionsbeobachtungen abgeleitet hatte, erklärt werden kann. Die umfassendsten Arbeiten über diesen Gegenstand unternahm aber erst vor Kurzem Auwers. Was vorerst Sirius betrifft, hat er sämmtliche Beobachtungen desselben bis auf die neueste Zeit herab, und zwar sowohl die in Rectascension, etwa 7000, als auch die in Declination, etwa 4500 an Zahl, zur Ableitung einer neuen Bahn benützt, welche die Beobachtungen so vollständig darstellt, als man nur wünschen kann, und folgendermasen lautet:

Durchgang des Sirius durch den dem Schwerpunkte des Systemes zunächst liegenden Punkt der Bahn	1793.890
Mittlere jährliche Bewegung	$7^0.28475$
Umlaufszeit	49.418 Jahre.
Excentricität der Bahn	$0^0.6010$

Ehe jedoch diese mühevolle, umfassende Arbeit vollendet war, hatte Bessel's Annahme, Sirius sei nur ein Theil eines Binärsystemes, dessen anderen wir nicht sehen, bereits eine glänzende Bestätigung erhalten durch die Auffindung eines Siriusbegleiters, die Clark in Boston am 31. Januar 1862 mit einem von ihm verfertigten, vortrefflichen Refraktor von 18 Zoll Oeffnung gelungen war. Dieser Begleiter, dessen Lichtschwäche und Nähe an dem hellen Hauptstern die Ursache waren, dass er bisher sich allen Nachforschungen entzog, wurde seither mit den mächtigsten Fernröhren mehrfach beobachtet, und es handelte sich nur noch darum, zu untersuchen, ob die Position desselben auch eine derartige sei, dass durch ihn die beobachteten Ungleichheiten in der Siriusbewegung erklärt werden konnten. Den Nachweis, dass diess in der That der Fall, hat nun auch Auwers geliefert, indem unter Voraussetzung seiner obigen Bahn und der Annahme, dass die Masse des Akolythen zu der des Hauptsternes sich verhalte wie 1:2.05, die beobachteten und berechneten Positionen des Begleiters überraschend gut mit einander übereinstimmen, wie die folgende Gegenüberstellung der bisher gelungenen Beobachtungen desselben, mit den Resultaten der Rechnung auf den ersten Blick zeigt:

		Distanz		Positionswinkel	
Beobachter	Jahr	Beob.	Rech.	Beob.	Bech.
Bond	1862,19	10″.07	9″.98	$84^0.62$	$85^0.43$
Rutherford .	1862.2	10.09	9.98	85.0	85.41

Beobachter	Jahr	Distanz Beob.	Distanz Rech.	Positionswinkel Beob.	Positionswinkel Rech.
Chacornac .	1862.23	10.42	9.99	85.03	85.35
Lassell . . .	1862.28	. .	. .	83.85	85.25
Rutherford .	1863.2	9.54	10.23	81.2	83.48
Struve . . .	1863.21	10.14	10.23	82.5	83.46
Bond	1863.3	. .	. .	82.8	83.30
Marth . . .	1864.14	10.60	10.43	79.41	81.76
Lassell . . .	1864.18	9.64	10.44	80.15	81.69
Struve . . .	1864.22	10.92	10.45	77.12	81.61
Dawes . . .	1864.23	10. . .	10.45	84.86	81.59
Winnecke . .	1864.24	. .	. .	79.7	81.58

Die Leuchtkraft des Begleiters muss übrigens eine viel geringere sein, als die des Sirius, da nach Auwers, wie oben erwähnt, seine Masse die Hälfte der des Hauptsternes erreicht, während seine Helligkeit nach Chacornac mehrere Hunderttausendmal geringer ist, als jene von Sirius.

Bei dem zweiten Sterne, Procyon, dessen Eigenbewegung in Declination Bessel als veränderlich erkannt, fand im Jahre 1851 Mädler, dass auch in den beobachteten Rectascensionen eine solche Veränderlichkeit sich ausspreche, und eine Bahn von etwa 50 Jahren den Beobachtungen ziemlich genügen würde. Eine genauere Bahnbestimmung nahm aber erst 1862 Auwers vor, und leitete aus sämmtlichen dazu tauglichen, über einen Zeitraum von 110 Jahren sich vertheilenden Beobachtungen, die er in 111 Normalorte gruppirte, nachstehende kreisförmige Bahn ab:

Epoche des Minimums in *AR* . .	1795.5676
Umlaufszeit	39.972 Jahre
Jährliche Bewegung	$9^0.00634$
Radius der Bahn	$1''.0525$

Ausser an diesen beiden Sternen glaubte Schubert auch noch bei β Orion, α Hyder und besonders α Jungfrau eine Veränderlichkeit der Eigenbewegungen zu bemerken. Auwers hat indess gezeigt, dass die Ungleichförmigkeiten der Bewegung in diesen Sternen nur scheinbar gewesen seien, und der Benützung eines ungenügenden Materiales zugeschrieben werden müssen. Unsere Kenntniss veränderlicher Eigenbewegungen reducirt sich daher vorläufig noch immer auf die beiden durch Bessel aufgefundenen Fälle von Procyon und Sirius.

§. 211. (Geschichte der Entdeckung der Doppelsterne.) Wenn das, was wir bisher über diese sonderbaren Gestirne mitgetheilt haben, in Beziehung auf den Reichthum, der in diesen Minen wahrscheinlich noch verborgen liegt, nur gering erscheint, so mag man bedenken, dass erst ein halbes Jahrhundert verflossen ist, seitdem sich die Astronomen mit diesem Gegenstande zu beschäftigen angefangen haben. Wenn unsere Nachfolger in dem nächsten Jahrhunderte eben so fleissig und eben so vom Glücke begünstiget sein werden, als ihre Vorgänger waren, so werden sie wahrscheinlich den gestirnten Himmel mit ganz anderen Augen betrachten, als es ihren Vorfahren möglich gewesen ist.

Es war im Jahr 1778, dass der ältere Herschel (Sir William)

zuerst auf die Doppelsterne aufmerksam wurde. Er hielt sie anfangs, wie schon oben erwähnt wurde, für bloss optisch doppelte Sterne, und wollte sie demnach zur Bestimmung der Entfernung der Fixsterne von der Erde benützen. Allein schon in den ersten Jahren erkannte er seinen Irrthum. Zwar fand er Beweguugen an diesen Doppelsternen, aber keine solchen, die mit der Theorie der Pallaxe (*I.* Kap. *V.*) übereinstimmten. Diese Bemerkung brachte ihn auf die Idee, dass jene Bewegungen der Doppelsterne von einer Verrückung der Sonne und unsers ganzen Sonnensystems kommen mögen, und er glaubte auch einige Zeit lang jene Erscheinungen durch eine Bewegung des Sonnensystems erklären zu können. Allein auch diese Idee wurde bald unrichtig gefunden. Statt weitern Hypothesen nachzuhängen, zog er es vor, seine Beobachtungen mit doppeltem Eifer fortzusetzen, und er lieferte im Jahre 1782 und 1785 der k. Akademie in London bereits ein Verzeichniss von 702 solcher Sternenpaare, die er wiederholt beobachtet hatte.

Erst nach dem Jahre 1785, also mehr als sieben Jahre nach seinen ersten Arbeiten über diesen Gegenstand, versuchte er einmal zufällig, den Weg eines dieser Doppelsterne, seinen Beobachtungen gemäss, auf dem Papiere, in Gestalt einer kleinen Karte, zu verzeichnen, und war nicht wenig erstaunt, zu sehen, dass der eine dieser Sterne um den andern, wie ein Planet um die Sonne, sich bewege. Allein er wagte es nicht, seine Entdeckung bekannt zu machen, bis er sich von der Wahrheit derselben an mehreren andern Sternen überzeugt hatte. Erst im Jahre 1801 nahm er diese Beobachtungen wieder mit neuem Eifer vor, und jetzt erst, 24 Jahre nach dem Anfange seiner Untersuchungen, stellte er, in zwei Abhandlungen (*Philos. Transact.* 1802 und 1804) die positive Behauptung auf, »dass es eigene Sternsysteme gebe, die aus zwei Fixsternen zusammengesetzt sind, von welchen der eine sich in einer regelmässigen Bahn um den andern bewege.« Er führte in diesen beiden Memoiren gegen fünfzig Doppelsterne an, bei welchen diese Bewegung des einen um den andern durch die Beobachtungen ausser Zweifel gesetzt wurde, ja er wagte es sogar schon, von einigen derselben die Umlaufszeit zu bestimmen.

Um das Jahr 1815 fing auch W. Struve in Dorpat an, sich mit diesem interessanten Gegenstande zu beschäftigen. Anfangs beobachtete er mit kleineren und wenig dazu geeigneten Instrumenten. Als aber später (1824) der grosse dreizehnfüssige Refraktor Fraunhofer's von 9 Zoll Oeffnung in seine Hände kam — und er konnte nicht wohl in bessere kommen — nahm er diese ganze Arbeit nach einem neuen grösseren Plane wieder vor, und verfolgte dieselbe mit einem Eifer, der von dem schönsten Erfolge gekrönt wurde. Im Jahre 1827 machte er einen Katalog von nicht weniger als 3112 in Dorpat sichtbaren Doppelsternen bekannt. Um das Jahr 1840 nahm er in Pulkowa mit dem dortigen riesigen Fernrohre von 14½ Zoll Oeffnung diese Untersuchungen von neuem auf, und lieferte wieder höchst überraschende Bereicherungen dieses Theiles unserer astronomischen Kenntnisse. Die Anzahl der engsten Doppelsterne (unter 1″ Distanz) wurde so von ihm im Vergleich mit W. Herschel's Verzeichnissen auf das 25fache gebracht.

Um das Jahr 1820 begann der jüngere Herschel (Sir John Frederik), vereint mit John South, seine Beobachtungen der Doppelsterne. Sie machten dieselben meistens gemeinschaftlich an zwei Ae-

quatorialen, deren Fernröhre 5 und 7 Fuss Brennweite, $3^3/_4$ und 5 Zoll Oeffnung hatten, wovon das letztere, von dem Optiker Tully verfertigt, selbst eine Vergrösserung von 600 noch sehr gut vertragen soll. Die ersten Resultate ihrer Arbeiten gaben sie in dem Werke: *Observations of* 380 *double stars, London* 1825, heraus. Seitdem haben beide diesen Gegenstand eifrig verfolgt, und Herschel besonders gab in den Denkschriften der k. astron. Gesellschaft in London mehrere sehr reiche und schätzbare Memoiren über Doppelsterne heraus. Vor einigen Jahren ist er nach dem Kap der guten Hoffnung gereist, um sich dort, unter andern Gegenständen, auch mit der Beobachtung der Doppelsterne des südlichen Himmels zu beschäftigen, von welchen bereits früher Dunlop, Astronom in Port Jackson in Neuholland, Mehreres bekannt gemacht hatte, das aber nun gegen J. Herschel's erstaunliche Leistungen verschwindet.

Auch Prof. Amici in Florenz soll mit den von ihm selbst verfertigten Spiegelteleskopen Beobachtungen von Doppelsternen gemacht haben, die aber bisher noch nicht bekannt geworden sind. Bessel hat bei seinen Zonenbeobachtungen ebenfalls eine nicht geringe Anzahl von Doppelsternen durch seinen Meridiankreis gefunden und in seinen Sammlungen der Königsberger Beobachtungen bekannt gemacht. Auch ist er der erste, der bei Gelegenheit seiner Untersuchung des Doppelsterns 61 Schwan mit Bestimmtheit darauf aufmerksam gemacht hat, dass die Bewegungen dieser Gestirne nach dem von Newton entdeckten Gesetze der allgemeinen Schwere vor sich gehen. In neuester Zeit haben Bishop, Dawes, Hind, Secchi, Dembowsky, Engelmann u. a. wichtige Beiträge zur Kenntniss der Doppelsterne geliefert. Savary, Encke und der jüngere Herschel entwarfen, wie bereits oben gesagt wurde, Methoden, die Elemente der Bahnen dieser Gestirne aus den Beobachtungen zu berechnen.

Noch muss hier der früheren Verdienste John Michell's erwähnt werden, der schon im Jahr 1767 darauf aufmerksam machte, dass die Doppelsterne höchst wahrscheinlich nicht optisch, sondern physisch doppelt seien. Er war davon bereits so überzeugt, dass er in seinem Memoire schon von der Möglichkeit der Bewegung eines dieser Sterne um den andern, von eigentlichen Sternsatelliten spricht, die er daher der Aufmerksamkeit der Astronomen ganz besonders empfiehlt. Hätten diese zu den allerdings bloss theoretischen, aber darum nicht minder begründeten Spekulationen des englischen Physikers mehr Vertrauen gehabt, so würden sie schon im Jahre 1767 angefangen haben, sich mit diesem Gegenstande zu beschäftigen, und selbst der ältere Herschel würde sich seine früheren, unrichtigen Hypothesen erspart, und sich der Wahrheit, die er durch volle vierundzwanzig Jahre suchen musste, viel schneller genähert haben.

Kapitel XVI.

Veränderliche Sterne.

§. 212. (Veränderliche Sterne.) Ehe wir uns von den eigentlich sogenannten Sternen des Himmels trennen, um dann zu andern Weltkörpern überzugehen, wollen wir noch zweier merkwürdiger Arten von Fixsternen erwähnen, von welchen die einen schon in den ältesten Zeiten bekannt waren, während die andern mehr unseren Tagen angehören.

Diese letzten sind die sogenannten veränderlichen Sterne, deren Licht oder deren scheinbare Grösse bestimmten periodischen Abwechslungen unterworfen ist. Wir geben zunächst ein Verzeichniss dieser Gestirne nach einer Zusammenstellung von Schönfeld, einem um die Kenntniss der Veränderlichen sehr verdienten Astronomen. Die Dauer der Periode des Lichtwechsels, die Helligkeitsänderungen, der Name des Entdeckers der Veränderlichkeit und die Zeit der Entdeckung sind der Schönfeld'schen Tabelle von uns beigefügt.

Nr.	Bezeichnung des Sternes.	Rectascension für 1850.	Declination für 1850.	Dauer der Periode.	Helligkeit im Maximum.	Helligkeit im Minimum.	Entdecker.	Jahr.
1	*R* Andromeda	4° 2′	+ 37°45′	?	6.	0	Argelander	1860
2	*T* Fische	6 3	+ 13 47	143 Tage	9.10	0	R. Luther	1855
3	*α* Cassiopeja	8 0	+ 55 43	79.1 „	2	3.2	Birt	1831
4	Fische	9 8	+ 6 29	?	9	0	Hind	?
5	*S* Cassiopeja	17 11	+ 71 49	?	?	0	Argelander	?
6	*S* Fische	17 26	+ 8 8	?	9	0	Hind	1851
7	*R* Fische	20 44	+ 2 6	343 „	7.8	9	Hind	1850
8	Fische	26 37	+ 8 3	?	6	9	Argelander	1863
9	*R* Widder	31 54	+ 24 21	186 „	8	0	Argelander	1855
10	*o* Walfisch	32 56	− 3 40	331.336 „	2.1	0	Fabricius	1596
11	*ϱ* Perseus	43 53	+ 38 15	33 „	4	?	Schmidt	1846
12	*β* Perseus	44 37	+ 40 22	2.867 „	2.3	4	Montanari	1669
13	*R* Perseus	50 8	+ 35 9	?	9	0	Schönfeld	1861
14	*λ* Stier	58 3	+ 12 3	3.952 „	4	5.4	Baxendell	1848
15	*U* Stier	63 16	+ 19 27	?	9	0	Baxendell	1862
16	*T* Stier	63 19	+ 19 11	?	10.9	0	Hind	?
17	*R* Stier	65 1	+ 9 50	327 „	8	0	Hind	1850
18	*S* Stier	65 15	+ 9 37	375 „	10	0	Oudemans	?
19	*R* Orion	72 42	+ 7 54	378 „	9	0	Hind	1848
20	*ε* Fuhrmann	72 48	+ 43 36	350 „	3.4	4.5	Heis	1846
21	*R* Haase	73 12	− 15 2	448 „	7	0	Schmidt	1855
22	*R* Fuhrmann	76 18	+ 53 25	?	?	?	Argelander	?
23	*α* Orion	86 46	+ 7 23	196 „	1	1.2	J. Herschel	1836
24	*R* Einhorn	97 45	+ 8 52	?	10	0	Schmidt	1861
25	*ζ* Zwillinge	103 48	+ 20 47	10.16 „	4.3	5.4	Schmidt	1847

Nr.	Bezeichnung des Sternes.	Rectascension. für 1850.	Declination. für 1850.	Dauer der Periode.	Helligkeit im Maximum.	Helligkeit im Minimum.	Entdecker.	Jahr.
26	*R* Zwillinge	104° 39'	+22° 56'	370 Tage	7.8	0	Hind	1848
27	*R* kleiner Hund	105 7	+10 15	359 „	8	0	Argelander	1854
28	*S* kl. Hund	111 9	+ 8 38	335 „	8.9	0	Hind	1856
29	*S* Zwillinge	113 30	+23 48	294.07 „	9	0	Hind	1848
30	*T* Zwillinge	115 5	+24 6	288.64 „	8.9	0	Hind	1848
31	*U* Zwillinge	116 33	+22 24	97 „	9	0	Hind	1848
32	*R* Krebs	122 5	+12 11	357 „	6.7	0	Schwerd	1829
33	*U* Krebs	126 48	+19 24	306 „	9	0	Chacornac	?
34	*S* Krebs	128 50	+19 34	9.48 „	7.8	0	Hind	1848
35	*S* Hyder	131 26	+ 3 38	256 „	8.9	0	Hind	1848
36	*T* Krebs	132 1	+20 25	455 „	9	0	Hind	1850
37	*T* Hyder	132 5	— 8 34	292 „	6.7	0	Hind	1851
38	*α* Hyder	140 3	— 8 1	55 „	2	2.3	J. Herschel	1837
39	*R* kl. Löwe	144 9	+35 12	?	7	0	Schönfeld	1864
40	*R* Löwe	144 52	+12 7	312.57 „	5	0	Koch	1782
41	*R* gross. Bär	158 30	+69 33	301.90 „	7	0	Pogson	1853
42	*η* Argus	159 49	—58 54	46 Jahre	1	4	Burchell	1827
43	*S* Löwe	165 47	+ 6 16	192 Tage	9	0	Chacornac	?
44	*R* Berenice	179 8	+19 37	365 „	8	0	Schönfeld	1856
45	*T* Jungfrau	181 44	— 5 12	337 „	8	0	Boguslawski	1849
46	*T* gross. Bär	187 23	+60 19	269 „	7.6	0	Argelander	?
47	*R* Jungfrau	187 43	+ 7 49	146 „	6.7	0	Harding	1809
48	*S* gross. Bär	189 20	+61 55	222.6 „	7.8	0	Pogson	1835
49	*U* Jungfrau	190 52	+ 6 22	212 „	7.8	0	Harding	?
50	*V* Jungfrau	200 1	— 2 24	252 „	7	0	Goldschmidt	1857
51	*R* Hyder	200 23	—22 30	449.5 „	4	0	Maraldi	1704
52	*S* Jungfrau	201 18	— 6 25	380.11 „	8	0	Hind	1852
53	*T* Bootes	211 46	+19 46	?	10.9	0	Baxendell	1860
54	*S* Bootes	214 27	+54 30	?	8	0	Argelander	1860
55	*R* Camelopard	217 20	+84 31	265 „	7	0	Hencke	1858
56	*R* Bootes	217 39	+27 23	196 „	8	0	Argelander	?
57	*U* Bootes	218 29	+82 7	?	9.10	0	Baxendell	1864
58	*δ* Waage	223 15	— 7 55	7 „	5	5.6	Schmidt	1864
59	*S* Schlange	228 39	+14 51	359 „	7.8	0	Harding	1828
60	*S* Krone	228 49	+31 55	?	6.7	0	Hencke	1860
61	*R* Krone	235 36	+28 37	350 „	6	0	Pigott	1795
62	*R* Schlange	235 57	+15 35	352 „	6.7	0	Harding	1826
63	*R* Waage	236 17	—15 47	722 „	9	0	Pogson	1858
64	*R* Hercules	239 53	+18 47	310 „	8.9	0	Argelander	?
65	*R* Scorpion	242 11	—22 34	648 „	9	0	Chacornac	1853
66	*S* Scorpion	242 11	—22 32	364 „	9	0	Chacornac	1854
67	Scorpion	243 27	—17 32	?	9.10	0	Pogson	1863
68	*U* Hercules	244 48	+19 14	?	7	0	Hencke	1860
69	*g* Hercules	245 56	+42 13	2.1 Jahr	5	6	Baxendell	1857
70	*T* Schlangenträger	246 18	—15 49	?	10	0	Pogson	1860
71	*S* Schlangenträger	246 25	—16 51	229.3 Tage	9.10	0	Pogson	1854
72	*S* Hercules	251 16	+15 12	305 „	7.8	0	Schönfeld	1856
73	*R* Schlangenträger	254 48	—15 54	304.6 „	8	0	Pogson	1853
74	*α* Hercules	256 57	+14 34	88.5 „	3	4	W. Herschel	1795
75	*T* Hercules	270 51	+31 0	160 „	8	0	Argelander	?

Nr.	Bezeichnung des Sternes.	Rectascension für 1850	Declination für 1850	Dauer der Periode.	Helligkeit im Maximum.	Helligkeit im Minimum.	Entdecker.	Jahr.
76	Schlangenträger	275° 22'	+ 6° 12'	310 Tage	10	0	Baxendell	1860
77	*R* Sob. Schild	279 52	− 5 52	71.75 „	5.4	9	Pigott	1795
78	*β* Leier	281 8	+33 12	12.906 „	3.4	4.5	Goodricke	1784
79	*R* Leier	282 41	+43 45	46 „	4	5.4	Baxendell	1855
80	*R* Adler	284 47	+ 8 0	351.5 „	6.7	0	Argelander	?
81	*T* Schütze	286 54	−17 13	?	8.9	0	Pogson	1863
82	*R* Schütze	286 59	−19 34	465 „	8	0	Pogson	1858
83	*S* Schütze	287 40	−19 18	?	10	0	Pogson	1860
84	*R* Schwan	293 12	+49 52	416.72 „	8	0	Pogson	1852
85	Fuchs	295 34	+26 55	67.92 „	7	0	Rogerson	1837
86	*χ* Schwan	296 12	+32 32	406.06 „	5	0	Kirch	1687
87	*η* Adler	296 27	+ 0 38	7.176 „	4.3	4.5	Pigott	1784
88	*S* Schwan	300 36	+57 33	324 „	9	0	Argelander	1860
89	*R* Steinbock	300 44	−14 41	?	9 10	0	Hind	1848
90	*S* Adler	301 11	+15 11	124 „	9	0	Baxendell	1863
91	*R* Pfeil	301 48	+16 17	70.88 „	8.9	0	Baxendell	1859
92	*R* Delphin	301 55	+ 8 38	?	9	0	Hencke	1851
93	*P* Schwan	303 4	+37 34	18 Jahre	3	6	Jansen	1600
94	*S* Delphin	309 3	+16 33	284 Tage	8	0	Baxendell	1860
95	*R* Cepheus	309 32	+88 40	?	5	0	Pogson	1856
96	*T* Delphin	309 36	+15 51	?	9.8	0	Baxendell	1863
97	*U* Steinbock	309 57	−15 20	420 „	10	0	Pogson	1857
98	*T* Wassermann	310 31	− 5 42	197 „	8.7	0	Hencke	?
99	*R* Fuchs	314 26	+23 14	147 „	8	0	Argelander	?
100	*T* Steinbock	318 26	−15 48	274 „	9	0	Hind	1854
101	*S* Cepheus	324 15	+77 57	470 „	9	0	Hencke	1858
102	*μ* Cepheus	324 44	+58 6	5 Jahre	4	6	W. Herschel	1752
103	*δ* Cepheus	335 54	+57 39	5.366 Tage	4.3	5.4	Goodricke	1784
104	*S* Wassermann	342 16	−21 9	?	8	0	Argelander	1853
105	*β* Pegasus	344 8	+27 16	31.5 „	2	2.3	Schmidt	1848
106	*R* Pegasus	344 47	+ 9 44	378 „	8	0	Hind	1848
107	*R* Wassermann	354 1	−16 7	388.5 „	6.7	0	Harding	1810
108	*R* Cassiopeja	357 42	+50 33	434.81 „	6	0	Pogson	1853

Bei den Grössenangaben bedeutet 1.2, dass der Stern zwischen Sterne erster und zweiter Grösse fällt, aber näher an Sterne erster Grösse. Dagegen bedeutet 2.1, dass der Stern näher am Sterne zweiter Grösse fällt u. s. w. Die Null in der Columne für das Minimum zeigt an, dass der Stern zur Zeit seiner geringsten Helligkeit schwächer als 10. Grösse ist, d. h. für Fernröhre kleinerer Dimension (etwa 3 Zoll Oeffnung) unsichtbar wird.

Die angegebene Dauer der Periode ist bei den meisten Veränderlichen noch ziemlich unsicher, weil die Ermittlung dieses Elementes oft sehr grossen Schwierigkeiten unterliegt. Es ist nämlich in den seltensten Fällen die Ab- und Zunahme des Lichtes eine regelmässige, gleichmässig fortschreitende; es kommen im Gegentheile bei den meisten Veränderlichen Rücksprünge, bald bloss in der Zu- bald bloss in der Ab-

nahme des Lichtes, bald in beiden vor, sogenannte secundäre Maxima und Minima der Helligkeit, wie bei *R* Sob. Schild (Nr. 77 des obigen Verzeichnisses), *β* Leier (Nr. 78), *R* Pfeil (Nr. 91) u. s. f. Dazu kommt noch, dass manche Sterne nicht in jedem Maximum dieselbe Helligkeit erreichen, und nicht in jedem Minimum zu derselben Lichtschwäche herabsinken, wofür *o* Walfisch (Nr. 10), *R* Sob. Schild (Nr. 77), *χ* Schwan (Nr. 86), *R* Wassermann (Nr. 107) auffallende Beispiele liefern, von welchen Sternen wir später einige näher besprechen werden. Ausserdem ist die Dauer der einzelnen Perioden keineswegs constant, sondern im Gegentheile oft sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen, und scheint sogar bei mehreren durch grössere Zeiträume an Länge regelmässig ab- oder zuzunehmen, wovon wir ebenfalls weiter unten einige Beispiele aufführen werden. Alle diese Umstände wirken zusammen, die Dauer der Periode nur schwer genau erkennen zu lassen, ja bei vielen Sternen dieselbe so zu verhüllen, dass uns ihr Lichtwechsel ganz unregelmässig vor sich zu gehen scheint. Uebrigens kommen den bisherigen Beobachtungen zu Folge, die veränderlichen Sterne mit sehr wenigen Ausnahmen (z. B. *β* Perseus) darin überein, dass ihr Licht geschwinder zu- als abnimmt, und dass ihre kleinste Lichtphase viel länger dauert als ihre grösste. Ferner verdient es bemerkt zu werden, dass die Mehrzahl der Veränderlichen, nahezu $^4/_5$ derselben, mindestens in einzelnen Phasen des Lichtwechsels eine rothe Färbung zeigen, und zwar manchmal eine sehr intensive, wie z. B. *R* Haase oder Hinds Crimson star (Nr. 21), *T* Krebs (Nr. 36). Ausnahmen hiervon sind unter den helleren Sternen *β* Perseus (Nr. 12), *ε* Fuhrmann (Nr. 20) und *β* Leier (Nr. 78), welche weiss erscheinen, während *ζ* Zwillinge (Nr. 25) und *η* Adler (Nr. 87) in gelblichem Lichte glänzen.

Obiges Verzeichniss enthält nach Schönfeld, mit Ausnahme einiger sehr lichtschwacher Sterne im Nebel des Orion (Kap. *VIII.*), sämmtliche mit Sicherheit als periodisch veränderlich erkannte Gestirne. Nebst diesen gibt es noch eine grössere Anzahl solcher Sterne, bei welchen ein Lichtwechsel höchst wahrscheinlich ist, aber bis jetzt wegen Länge der Periode, oder wegen seiner Geringfügigkeit u. dgl. m. noch nicht zweifellos ermittelt werden konnte. Dazu gehören, um nur einige der grösseren mit freiem Auge sichtbaren Sterne zu erwähnen, verschiedene Sterne im grossen Bären, die helleren Sterne des Delphin, *β* kl. Bär, *η* Schwan, *ε* Pegasus, *δ* Leier, *o* Stier, *δ* Orion u. s. w.

§. 213. (Nähere Betrachtung der wichtigsten veränderlichen Sterne.) Der erste als veränderlich erkannte Stern (Nr. 10) *o* Walfisch oder Mira Ceti, wie ihn Hevel zuerst genannt hat, zeigt unter allen die stärksten Lichtveränderungen, da er von einem Sterne 2.1 Grösse vielleicht bis zur gänzlichen Unsichtbarkeit abnimmt. Diese auffallende Erscheinung bemerkte nach Kepler zuerst David Fabricius im Jahre 1596; aber erst Holwarda und Boulliaud bestimmten in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts die Dauer der Periode auf 333 Tage; indessen fand man schon damals, dass diese Dauer bald länger, bald kürzer sei, so wie dass der Stern in seinem grössten Lichte bald heller bald schwächer erscheine, was sich auch in der Folge bestätigte. Ob der Stern ganz unsichtbar wird, ist noch nicht entschieden; man hat ihn zuweilen 11. oder 12. Grösse zur Zeit des Minimums gesehen, zu andern Zeiten mit 3- und 4füssigen Fernröhren nicht sehen können. So viel

ist gewiss, dass er eine lange Zeit schwächer als 10. Grösse ist. Es sind aber überhaupt über dieses Stadium nur wenige Beobachtungen vorhanden: die meisten beginnen erst, wenn er als Stern 6. Grösse dem blossen Auge sich zu zeigen anfängt. Von diesem Zeitpunkte nimmt der Stern anfangs rasch, dann langsamer, zuletzt kaum merklich an Helligkeit zu; dann wieder, zuerst langsam, dann rascher ab. Nach Argelander dauert die Zeit der Lichtzunahme von der 6. Grösse an im Durchschnitte 50 Tage, die der Lichtabnahme bis zu derselben Grösse 69 Tage, so dass der Stern ungefähr vier Monate mit blossen Augen sichtbar ist; er war aber zuweilen auch durch fünf Monate, öfter auch nur drei Monate lang sichtbar. Zur Zeit seiner grössten Helligkeit bleibt seine Lichtintensität manchmal fast einen Monat hindurch ziemlich unverändert, zu andern Zeiten lässt sich schon nach wenigen Tagen eine Abnahme deutlich wahrnehmen.

Die Helligkeit im Maximum ist, wie schon erwähnt, auch keineswegs immer dieselbe. Bezeichnet man mit Argelander die Helligkeit der schwächsten, mit blossen Augen eben noch sichtbaren Sterne mit 0, die des Aldebaran, eines Sternes erster Grösse, mit 50, so hat die Helligkeit von Mira im Maximum zwischen 20 und 47 geschwankt; die mittlere Helligkeit ist 28, oder beiläufig die des Sternes γ Walfisch. Fast noch unregelmässiger hat sich die Dauer des Lichtwechsels gezeigt. Im Mittel beträgt sie 331 Tage 8 Stunden, ihre Schwankungen steigen aber bis auf einen Monat; denn die kürzeste von Einem Maximum bis zum nächsten verflossene Zeit war nur 306 Tage, die längste dagegen 367 Tage.

Der zweite Stern, auf dessen Lichtwechsel man aufmerksam wurde, ist (Nr. 12) Algol oder β Perseus. Schon im Jahr 1669 bemerkten Montanari und Maraldi dessen Veränderlichkeit; aber erst Goodricke fand im Jahr 1782 die Periodicität derselben, und nahe gleichzeitig mit ihm entdeckte sie auch der bekannte astronomische Landmann Palitzsch bei Dresden, derselbe, der im Jahre 1759 den Halley'schen Kometen einen ganzen Monat früher als alle Astronomen Europa's gesehen hat; „*he was*“, wie Herschel sagt, „*a peasant by station, and an astronomer by nature*“ (vgl. *II.* §. 156). Der Grund hievon liegt wohl darin, dass der Stern nicht wie die meisten übrigen veränderlichen Sterne allmählich an Helligkeit ab- und zunimmt, sondern während 2 Tagen 13 Stunden in der gleichen (2.3 Grösse) glänzt, und nur 7 bis 8 Stunden lang sich in geringerem Glanze zeigt, wobei er bis zur 4. Grösse herabsinkt. Die Ab- und Zunahme der Helligkeit ist nicht ganz regelmässig, sondern geht in der Nähe des Minimums am raschesten vor sich, daher sich auch der Zeitpunkt der geringsten Helligkeit sehr genau, etwa auf 10 bis 15 Minuten bestimmen lässt. Merkwürdig ist dabei, dass der Stern, nachdem er gegen eine Stunde an Licht zugenommen hat, etwa eben so lange in derselben Helligkeit bleibt, und dann erst wieder merklich wächst.

Die Dauer der Periode ermittelte Wurm im Jahre 1822 zu zwei Tagen 20 Stunden 48 Minuten 58 ½ Sekunden, und damit liessen sich alle Beobachtungen bis 1832 genügend darstellen, aber schon 1840 zeigte sich eine kleine constante Abweichung zwischen Rechnung und Beobachtung, die 1854 bereits auf 2 ½ Stunden gestiegen war, so dass an einer Veränderung der Periode des Lichtwechsels nicht mehr gezwei-

felt werden konnte, und zwar an einer Verkürzung, da die beobachteten Minima immer früher eintraten, als die Rechnung ergab. Argelander wies nun nach, dass diese Verkürzung schon seit Ende des vorigen Jahrhunderts bemerkbar sei, denn er findet die Periode:

zwischen	1784.4	und	1793.5	2 Tg.	20 St.	48 Min.	58.74	Sek.	
„	1793.5	„	1818.3	„	„	„	58.45	„	
„	1818.3	„	1842.7	„	„	„	57.97	„	
„	1842.7	„	1849.5	„	„	„	53.45	„	
„	1849.5	„	1854.5	„	„	„	53.21	„	
„	1854.5	„	1856.1	„	„	„	51.91	„	

In der Art des Lichtwechsels Algol sehr ähnlich ist *S* Krebs (Nr. 37).

Der Stern η Adler hat eine ziemlich gleichförmige Periode von 7 Tagen 4 Stunden 13 Minuten, mit sehr kleinen, kaum nennenswerthen Schwankungen. Der Lichtwechsel selbst geht so regelmässig vor sich, dass bis jetzt noch keine Abweichungen sichtbar geworden sind, die nicht durch Beobachtungsfehler sich erklären lassen. Im Minimum ist der Stern um Weniges schwächer als ι Adler; er nimmt dann langsam, später rascher und zuletzt wieder langsam zu, und erreicht 2 Tage 9 St. nach dem Minimum seine grösste Helligkeit, in der er bedeutend heller wird als β, aber etwas schwächer bleibt als δ Adler. Vom Maximum sinkt die Helligkeit nicht so regelmässig herab, indem sie, wenn der Stern die Helligkeit von β Adler erreicht hat, 1 Tag 10 St. nach dem Maximum, sich langsamer verändert als vorher und nachher.

β Leier ist einer der merkwürdigsten veränderlichen Sterne. Er hat zwei Maxima und zwei Minima seiner Helligkeit bei jeder Periode seines Lichtwechsels. Wenn er im kleinsten Lichte gewesen, so steigt er 3 Tage 5 Stunden bis zu seinem ersten Maximum, in welchem er etwas schwächer ist als γ Leier. Darauf sinkt er in 5 T. 3 St. zu seinem zweiten Minimum herab, wo aber seine Helligkeit bedeutend grösser ist, als beim ersten. Nach ferneren 3 T. 2 St. erreicht er sein zweites Maximum mit gleicher Helligkeit wie im ersten, und sinkt nun in 3 T. 12 St. wieder zur geringsten Helligkeit herab, so dass er in 12 Tagen 21 St. 46 Min. 40 Sek. seinen ganzen Lichtwechsel durchläuft. Diese Dauer der Periode gilt aber nur für die Jahre 1840 bis 1844; früher war sie kürzer, und zwar im Jahr 1784 um 2½ Stunden, 1817 und 1818 um etwas mehr als 1 Stunde, und jetzt zeigt sich deutlich wieder eine Verkürzung derselben.

Die grösste Regelmässigkeit des Lichtwechsels zeigt δ Cepheus. Die Periode von 5 T. 8 St. 47 Min. 39½ Sek. stellt alle Beobachtungen von 1784 bis jetzt innerhalb der Grenzen der zulässigen Beobachtungsfehler dar. Er braucht 1 T. 15 St. vom Minimum bis zum Maximum, dagegen 3 T. 18 St., um wieder vom Maximum bis zum Minimum zu gelangen; von dieser Zeit ändert er sich durch 8 Stunden fast gar nicht, und einen ganzen Tag nur unbedeutend, dann erst beginnt wieder das Wachsen des Lichtes wie früher.

Bei *R* Wassermann (Nr. 107) ist die Periode jedenfalls grösseren Schwankungen unterworfen, eben so wie die Lichtstärke im Maximum, bei dem er gewöhnlich nur die Helligkeit eines Sternes 8.9 Grösse, manchmal aber auch die 6.7 Grösse erreicht, wie im Jahre 1852.

Die bereits bei Algol und β Leier erwähnte Veränderlichkeit der

Periode scheint auch bei *R* Schlange (Nr. 62) vorhanden zu sein; es lassen sich nämlich die Maxima ziemlich genau durch die Formel ausdrücken:

$$1837 \text{ Mai } 22.5 + 367.^{T}00\ E - 0.^{T}1688\ E^2$$

wo *E* anzeigt, die wie vielte Epoche nach 1837 Mai 22.5 man sucht.

Die Lichtwechsel von α Cassiopeja, α Orion und α Hercules sind sehr gering, obwohl die Sterne entschieden eine Veränderlichkeit zeigen. Der letztere, α Hercules, ist ein rother Doppelstern, hat aber einen sehr unregelmässigen Lichtwechsel, wesshalb die Lichtperiode noch mit einer grossen Unsicherheit behaftet ist.

Ein sehr interessanter Stern ist noch η Argo (Nr. 42). Schon Halley hatte bei seinem Aufenthalte auf St. Helena im Jahre 1677 die Veränderlichkeit mehrerer Sterne im Sternbilde des Schiffes bemerkt, aber er gelangte bei der Unvollkommenheit seiner Schätzungen zu keinem bestimmten Resultate. η Argo schätzte er 4. Grösse. Lacaille fand ihn im J. 1751 2. Grösse. Aber diese Helligkeit verminderte sich später wieder, denn Burchell schätzte ihn im Jahr 1811 bis 1815 wie Halley nur 4. Grösse. Fallows und Brisbane sahen ihn 1822 bis 1826 2. Grösse, und Burchell im Februar 1827 1. Grösse, ganz α Kreuz gleich; nach einem Jahre war er nur mehr 2. Grösse, und so blieb er bis 1837. Aber am 16. December 1837 fand ihn der jüngere Herschel von solcher Lichtintensität, dass er fast dem Sterne α Centaur gleichkam, und alle andern Sterne 1. Grösse ausser Sirius und Canopus an Glanz übertraf. Am 2. Januar 1838 erreichte er das Maximum seiner Helligkeit, und wurde dann bald schwächer als Arctur, erhielt sich aber bis März 1843, obwohl fortwährend im Abnehmen begriffen, als Stern erster Grösse. Im April 1843 nahm das Licht wieder so zu, dass nach den Beobachtungen von Mackay in Calcutta und Maclear am Kap seine Helligkeit wieder fast der des Sirius gleichkam. So blieb er bis Anfangs 1850, wo ihn noch Gilliss auf einer Reise in Chili beobachtete, und Canopus gleich fand. In den folgenden Jahren nahm er wieder an Helligkeit ab, war nach Powell 1859 bereits zu einem Sterne 3. Grösse und 1861 zu einem 4.3 herabgesunken, und als solchen sah ihn noch 1862 Captain Jakob auf seiner Rückreise aus Indien nach Europa. Wolf in Zürch hat nun gefunden, dass diese zerstreuten Angaben sich recht gut durch einen periodischen Lichtwechsel von 46 Jahren darstellen lassen, wenn man der Lichtkurve, wie der von β Leier, zwei secundäre Maxima und Minima beilegt, und ein Hauptminimum auf das Jahr 1677 setzt, wo ihn Halley nach dem obigen 4. Grösse schätzte. Mit Uebergehung der zwei nicht beobachteten Minima von 1723 und 1769 fallen solche wieder auf die Jahre 1855 und 1861, wo ihn in der That Burchell, dann Powell und Jakob abermals 4. Grösse sahen, während ein Hauptmaximum im Jahre 1838 eintreten soll, in welchem ihn J. Herschel, wie oben erwähnt wurde, auch in ungemein grossem Glanze strahlen sah.

Man hat über den Grund dieser wunderbaren Lichtwechsel verschiedene Meinungen aufgestellt. Wir geben sie hier kurz an, ohne über ihren Werth entscheiden zu wollen. — Man glaubt, dass diese Sterne, gleich unserer Sonne, eine Rotation um ihre Axe haben und an einer ihrer Seiten lichtlos oder doch mit mehreren dunkeln Flecken bedeckt sind. Andere lassen grosse dunkle Planeten um diese Sterne

gehen und uns das Licht derselben nehmen, wenn sie zwischen uns und diese Sterne treten. Wieder Andere nehmen die Gestalt dieser Sterne linsenförmig an mit grossen Schwankungen in der Lage der Rotationsachse, wo sie dann, wenn sie während ihrer Rotation uns ihre scharfe Kante zuwenden, weniger hell erscheinen oder auch ganz verschwinden. Auch wollte man diese abwechselnden Aufhellungen und Verdunklungen eigenen atmosphärischen Erzeugnissen dieser Sterne, denen unserer Sonnenflecken ähnlich, zuschreiben.

§. 214. (Neue oder wieder verschwundene Sterne.) So gross auch die Revolutionen sein mögen, die auf den Oberflächen solchem Lichtwechsel unterworfener Fixsterne vorgehen — welche ganz andere Veränderungen mögen jene andern erfahren haben, die an Stellen des Himmels, wo man früher keinen Stern bemerkte, in hellen Flammen aufzulodern und dann, vielleicht für immer, zu verschwinden schienen! — Ein solcher war vielleicht der neue Stern, dessen Plinius *(Hist. nat. Lib. II.)* erwähnt, der im Jahr 134 vor Chr. G. in einer früher ganz sternlosen Gegend des Himmels erschien. Hipparch soll, dadurch aufmerksam gemacht, den Entschluss gefasst haben, das erste Sternverzeichniss zu verfertigen. Es enthielt nur die vorzüglichsten, mit freiem Auge sichtbaren Fixsterne, und doch wendeten die Alten auf ihn die Stelle Virgil's an, wo von Palinurus, dem Steuermanne des Aeneas, gesagt wird:

Sidera cuncta notat tacito labentia coelo.

Was würden sie zu unseren Sternkatalogen, zur *Histoire céleste*, zu Bessel's, Lamont's, Argelander's Zonen und des letzteren allgemeinem Sternverzeichnisse, das allein über 300000 verschiedene Sterne enthält, gesagt haben?

Eben so erschien im Jahr 389 nach Chr. G. zur Zeit des Kaisers Honorius, ein neuer, früher nie gesehener Fixstern neben dem Sternbilde des Adlers, der durch drei Wochen an Glanz der Venus gleich kam und später wieder völlig verschwand, wie Cuspinianus erzählt, der ihn selbst beobachtet haben will. Im neunten Jahrhundert beobachteten zwei arabische Astronomen, Haly und Albumazar, einen solchen neuen Stern im Scorpion, dessen Licht dem des Mondes in seinen Vierteln gleich war, und der nach vier Monaten wieder unsichtbar wurde. Im Jahre 945, zur Zeit des Kaisers Otto, sah man, wie die Chroniker erzählen, einen solchen neuen und hellen Fixstern zwischen dem Cepheus und der Cassiopeja, und im Jahr 1264 soll man nahe an derselben Stelle wieder ein solches Gestirn gesehen haben. Im J. 1572 am 11. November bemerkte Tycho, als er eben zur Nachtzeit aus seinem chemischen Laboratorium über den Hof seines Hauses in die Sternwarte ging, ebenfalls in dem Sternbilde der Cassiopeja einen neuen Stern von ausserordentlicher Grösse, auf einer Stelle, wo er früher nur sehr kleine Sterne gesehen hatte. Er fand ihn ohne Schweif und von keinem Nebel umgeben, so dass er ihn nicht für einen Kometen halten konnte. Er war vielmehr allen übrigen Fixsternen in jeder Beziehung völlig gleich, nur noch stärker funkelnd als Sterne erster Grösse. Sein Lichtglanz übertraf den des Sirius, der Wega und des Jupiter. Man konnte ihn nur mit der Venus vergleichen, wenn sie der Erde am nächsten steht, und sah ihn bei heiterer Luft auch bei Tage, selbst in den Mittagsstunden. Zur Nachtzeit, bei bedecktem Himmel, wenn alle

anderen Sterne unsichtbar waren, wurde er mehrmals durch Wolken von mässiger Dichte gesehen. Abstände von anderen, nahen Sternen der Cassiopeja, die Tycho während des Jahres 1573 mit vieler Sorgfalt mass, überzeugten ihn von seiner völligen Unbeweglichkeit. Bereits im Dezember 1572 fing die Lichtstärke an abzunehmen, und der Stern wurde an Helligkeit dem Jupiter gleich; im Januar 1573 war er schon minder hell als Jupiter. Fortgesetzte Schätzungen ergaben: für Februar und März Gleichheit mit Sternen erster Grösse, für April und Mai mit Sternen zweiter, für Juli und August mit Sternen dritter, für October und November mit Sternen vierter Grösse. Der Uebergang von der fünften zur sechsten Grösse fand vom Dezember 1573 bis Februar 1574 statt. Im folgenden Monate verschwand der Stern gänzlich für das blosse Auge, nachdem er 17 Monate lang geleuchtet hatte. Seitdem wurde er nicht wieder gesehen. Als er zuerst erschien, war sein Licht blendend weiss. Im Januar 1573, zwei Monate nach seiner Entdeckung, war dasselbe bereits beträchtlich schwächer und gelblich geworden. Wieder in einigen Monaten nahm er eine röthliche Farbe an, wie Mars oder Aldebaran, und im Anfange des Jahres 1574, zwei oder drei Monate vor seinem gänzlichen Verschwinden, schimmerte er nur mehr in einem grauen oder bleifarbenen, dem des Saturn ähnlichen Lichte. — Goodricke, dessen wir oben (*II.* §. 212) schon öfter gedachten, ist der Meinung, dass die erwähnten neuen Sterne der Jahre 945 und 1264 identisch mit diesem von 1572 sind, und dass daher dieser Stern ebenfalls ein veränderlicher Stern sei, dessen periodischer Lichtwechsel 150 oder 300 Jahre beträgt. Allein jene zwei früheren Erscheinungen sind zu ungewiss, um auf sie mit Sicherheit eine solche Behauptung gründen zu können.

Da jedoch die Zeit heranrückt, in welcher, die Identität der drei Sterne vorausgesetzt, sein Wiedererscheinen zu erwarten steht, hat Argelander vor Kurzem seine Reduktion der oben erwähnten von Tycho gemessenen Abstände dieses Sternes von andern benachbarten veröffentlicht, und gibt darnach als wahrscheinlichsten Ort für denselben an:

$$1850:\ AR = 4^0\ 8',\ D = +\ 63^0\ 19'.$$

Ueberdiess hat D'Arrest am Kopenhagener Refraktor sämmtliche Sterne in einem ziemlich grossen Umkreise um diesen wahrscheinlichsten Ort, bis zu den kleinsten noch sichtbaren hinab mappirt, damit diese Gegend leicht überwacht, und etwaige Veränderungen, die in ihr vorgehen, schnell erkannt werden könnten. Nun hat D'Arrest gerade an der Stelle, wo nach Argelander der Tychonische Stern stehen soll, ein Sternchen 10. 11. Grösse in die Karte eingezeichnet, welches Argelander in früheren Jahren weder in Abo noch in Bonn gesehen, so dass vielleicht dieses Sternchen der Stern vom Jahre 1572, und das Gestirn bereits langsam im Hellerwerden begriffen ist.

Ein anderer neuer Stern, dessen zuerst der Bischof Münter erwähnt, erschien im Jahre 1604 am 10. Oktober im östlichen Fusse des Schlangenträgers. Brunowski, ein Schüler Kepler's, schätzte ihn grösser, als alle Sterne erster Grösse, heller selbst als Jupiter und Saturn, aber schwächer als Venus. Zu Anfange des Jahres 1605 war er noch immer heller als Antares, aber von geringerer Lichtstärke als Arctur. Ende März desselben Jahres wird er als 3. Grösse beschrieben, und zwischen Februar und März 1606 verschwand er. Der Ort dieses

Sternes, der häufig auch der Kepler'sche genannt wird, ist nach Schönfeld's Berechnung der Beobachtungen von D. Fabricius:

$$1850\ AR = 260^0\ 25',\ D = -\ 21^0\ 21'.$$

Auch die chinesischen Astronomen beobachteten um dieselbe Zeit das Aufflammen eines neuen Sternes, der vielleicht mit dem in Europa beobachteten identisch ist.

Im Jahre 1670 am 20. Juni entdeckte Anthelme am Kopfe des Fuchses (für 1850 Rectascension 295° 21', Declin. + 26° 58') ziemlich nahe bei β des Schwanes einen Stern dritter Grösse, der aber schon nach zwei Monaten bis zur fünften Grösse herabsank. Bald darauf verschwand er, zeigte sich aber wieder am 17. März 1671, wo er ungefähr vierter Grösse war. Dominik Cassini, der ihn in Paris sehr fleissig beobachtete, fand seine Helligkeit sehr veränderlich. Während des Jahres 1671 verschwand er abermals, und man hoffte, ihn im Februar 1672 in seinem alten Glanze wieder zu sehen. Aber er erschien erst am 29. März desselben Jahres und nur sechster Grösse. Seitdem hat man ihn nicht mehr gesehen.

A. v. Humboldt gibt im dritten Bande des Kosmos ein Verzeichniss der wichtigsten neu erschienenen Sterne nebst Bemerkungen über die Umstände ihres Erscheinens, wovon wir hier einen kurzen Auszug mittheilen.

Im J. 134 vor Chr. im Scorpion. Wurde bereits oben erwähnt.

Im J. 123 nach Chr. im Ophiuchus. Nach chinesischen Beobachtungen. Er stand zwischen α Herkules und α Ophiuchus.

Im J. 173 nach Chr. im Centaur. Nach chinesischen Beobachtungen. Er erschien am 10. Dezember 173 zwischen α und β des Centaur, und verschwand nach 8 Monaten wieder.

Im J. 369 n. Chr. Zweifelhaft.

Im J. 386 n. Chr. im Schützen. In den chinesischen Verzeichnissen heisst es ausdrücklich, dass der Stern von April bis Juli 386 immer an derselben Stelle des Himmels stand.

Im J. 389 im Adler. Wurde bereits oben erwähnt.

Im J. 393 im Scorpion. Nach chinesischen Beobachtungen.

Im J. 827 im Skorpion. Zweifelhaft.

Im J. 945 zwischen Cepheus und Cassiopeja. Wurde schon früher erwähnt.

Im J. 1012 im Widder. Den Nachrichten eines Mönchs von St. Gallen zu Folge war dieser Stern von ungewöhnlicher Grösse und einem Glanze, der die Augen blendete. Er wurde von Ende Mai an durch drei Monate beobachtet. Er erschien sehr veränderlich; zuweilen sah man ihn auch gar nicht. Einige versetzen die Erscheinung dieses Sterns in das Jahr 1006.

Im J. 1203 im Skorpion. Nach chinesischen Beobachtungen.

Im J. 1230 im Ophiuchus. Nach chinesischen Beobachtungen.

Im J. 1264 zwischen Cepheus und Cassiopeja.

Im J. 1572 in der Cassiopeja. Der von Tycho beobachtete Stern, dessen schon oben erwähnt wurde.

Im J. 1578 Nach chinesischen Beobachtungen. Die Intensität des Lichtes scheint ausserordentlich gross gewesen zu sein, indem das chinesische Verzeichniss den Beisatz enthält: »ein Stern ist gross wie die Sonne.«

Im J. 1584 im Skorpion.

Im J. 1600 im Schwan. Es ist der Stern *P* im Schwane oder Nro. 34 dieser Constellation nach Bayer. Er war beim Erscheinen dritter Grösse, nahm seit 1619 an Helligkeit ab und verschwand 1621. D. Cassini sah ihn im J. 1655 wieder, wo er abermals bis zur dritten Grösse gelangte, aber sehr bald verschwand. Zum dritten Male erschien er im November 1665 wieder, wo ihn Hevel beobachtete, erreichte aber die dritte Grösse nicht mehr, und nahm langsam an Helligkeit ab, bis er (zwischen 1677 und 1682) die sechste Grösse erreichte, die er seitdem meistens beibehielt. Er soll jetzt in langer Periode schwach veränderlich sein, und ist im Verzeichnisse (§. 212) als *P* Schwan (Nro. 93) aufgeführt.

Im J. 1604 im Ophiuchus. Wurde schon oben erwähnt.

Im J. 1609. Nach chinesischen Beobachtungen.

Im J. 1670 im Fuchs. Wurde schon oben näher beschrieben.

Es verflossen nun 178 Jahre, ohne dass eine ähnliche Erscheinung beobachtet worden wäre, obgleich gerade in dieser Zeit der Himmel sehr sorgfältig und mit vortrefflichen Instrumenten durchforscht wurde. Erst am 28. April 1848 entdeckte Hind in London einen neuen, röthlich-gelben Stern fünfter Grösse im Schlangenträger bei Rectascension 252° 47′ Decl. — 12° 40′ [für 1850]. Seit jener Zeit hat der Stern an Helligkeit immer mehr und mehr abgenommen, und ist jetzt wahrscheinlich selbst für die stärksten Fernröhre bereits wieder verschwunden.

Kurze Zeit darauf, im J. 1860 fand Auwers abermals einen neuen Stern siebenter Grösse im Skorpion, der dadurch merkwürdig ist, dass er mitten in einem Nebelflecke (Kap. *XVII.*) auftauchte. Auch er hat seit jener Zeit an Helligkeit langsam, aber continuirlich wieder abgenommen. Seine Position für 1850 ist:

$$AR: 242^0\ 2',\ Decl.\ -\ 22^0\ 37'.$$

Höchst bemerkenswerth ist bei allen diesen neu erschienenen Sternen der Umstand, dass sie bei ihrem Sichtbarwerden nicht allmählich an Helligkeit zunehmen, sondern plötzlich in ihrem vollen Glanze aufleuchten, während bei ihrem Verschwinden gerade das Gegentheil stattfindet, und ihre Lichtabnahme von Stufe zu Stufe verfolgt werden kann. Vergleicht man die Oerter dieser neuen Sterne, so findet man, dass bei weitem die Mehrzahl, etwa $\frac{4}{5}$ von allen, sich in der Nähe der Milchstrasse oder in dieser selbst gezeigt haben. Es waren nämlich unter den 22 oben aufgeführten 6 im Skorpion, 3 in der Cassiopeja und dem Cepheus, 4 im Schlangenträger, 1 im Adler, 1 im Schützen u. s. f. lauter in der Nachbarschaft der Milchstrasse gelegene Sternbilder.

Wie sollen wir nun Erscheinungen dieser Art deuten? Soll man sie, mit Newton, dem Aufflammen eines Planeten zuschreiben, der sich in seine Sonne gestürzt hat? Oder sind diese Sterne an sich dunkle Körper von gewaltigem Umfange, die durch irgend einen für sie verderblichen Unfall in Brand geriethen, die Millionen von Meilen rings um sich mit dem Lichte ihrer Flammen erfüllten und dann, vielleicht für immer verloschen und ihre Asche in dem Weltraume zerstreuten? Und war daher dieser helle Glanz, mit dem sie eine Zeit durch am Himmel zu prangen schienen, nur der Verkünder einer untergehenden Welt, die uns, durch ihr Auflodern, den furchtbaren Tag ihres Untergangs anzeigte, des Tages, an dem diese ihrer Vernichtung geweihte Sonne

und mit ihr Tausende von den sie umkreisenden Planeten und Kometen, und mit diesen endlich unzählige Schaaren von lebenden Wesen, Alle in Einem Augenblicke, das schreckliche Ende ihres Daseins gefunden haben? Oder soll man alle diese sogenannten neuen und verschwundenen Sterne nur eben unter die veränderlichen reihen? Das letztere ist das wahrscheinlichste, und es spricht auch dafür die Eigenthümlichkeit, die jene Gestirne mit den veränderlichen Sternen gemein haben, dass ihr Licht viel rascher an Intensität zu- als abnimmt. Uebrigens werden sich alle Fragen, welche die Veränderlichen betreffen, insbesondere jene über deren Natur erst dann beantworten lassen, wenn man Beobachtungen über die scheinbare Grösse der Sterne (§. 175) in grösserem Umfange als diess bisher geschehen, anstellen wird, Beobachtungen, die für jetzt ganz im Wirkungskreise von Liebhabern der Wissenschaft liegen, da sie für den hier noch zu liefernden Anfang gar keine oder doch nur sehr kleine Apparate erfordern, den Astronomen vom Fache aber, die eben ihre kostbaren Instrumente zu anderen, dringenderen Untersuchungen zu benützen suchen müssen, zu weit abliegen. W. Herschel's zu diesem Zwecke angestellte Vergleichung von Sternen einzelner Constellationen unter einander (London. Philos. Transact. 1796) und Argelander's Uranometrie würden treffliche Grundlagen zu solchen höchst interessanten und dankbaren Arbeiten geben, und wir können uns daher nur mit Sir John Herschel in der Aufforderung dazu vereinigen. Argelander's Andeutungen für Freunde der Astronomie (Schumacher's astron. Jahrbuch für 1844) und J. Herschel's *Outlines of Astronomy* würden als Führer dienen.

Kapitel XVII.

Sterngruppen und Nebelmassen des Himmels.

§. 215. (Verschiedenheit der Himmelskörper.) Der gestirnte Himmel ist nicht, wie es wohl auf den ersten Blick scheint, nur mit einer einzigen Art von Körpern, mit lichten, runden Sternen bedeckt, sondern die Natur, deren Mannigfaltigkeit in ihren Erzeugnissen wir schon auf der Erde so oft zu bewundern Gelegenheit haben, hat diesen Reichthum ihrer Schöpfungskraft und diese Abwechslung von Formen in einem noch viel höheren Grade in jenem endlosen Weltraume entwickelt.

Wir haben bereits in dem vorhergehenden Kapitel von den doppelten, von den drei- und vielfachen Sternen gesprochen, von welchen man besonders die ersten so häufig am Himmel trifft. Allein die Fernröhre haben uns noch vielmehr zusammengesetzte, wundervolle und offenbar innig zusammengehörende Systeme von Fixsternen kennen gelehrt. Sie zeigen uns überdiess noch andere Gegenstände, die nur mehr als lichte Wolken erscheinen. Selbst der erste Anblick des Himmels, mit unbewaffneten Augen, lehrt uns schon, dass die Sterne, mit welchen er be-

deckt ist, keineswegs gleichförmig auf ihm vertheilt sind. Wer kennt nicht die schöne Gruppe von Sternen am Halse des Stiers, die mit dem Namen der Pleiaden oder der Gluckhenne bezeichnet wird? Das Haar der Berenice, die Krippe im Krebse u. f. sind ähnliche dichtgedrängte Sammlungen von Fixsternen, die alle zu sehr von den andern in ihrer Nähe verschieden sind, als dass man sie nicht als zusammengehörend und gleichsam für ein familienweise verbundenes, für sich abgeschlossenes System von Himmelskörpern zu halten veranlasst werden sollte.

§. 116. (Die Milchstrasse.) Was sollen wir aber erst von der bereits oben betrachteten Milchstrasse sagen, von jenem schönen, hellen Bogen, der in der Gestalt eines grössten Kreises durch den ganzen Himmel zieht? Einzelne Theile dieser lichten Zone sind durch einen ganz besonders hellen Glanz ausgezeichnet; in andern Gegenden derselben aber sieht man gleichsam dunkle Oeffnungen und Spalten oder auch seitwärts auslaufende Aeste. Schon mässige Fernröhre lösen uns die hellsten Gegenden dieser Zone in unzählige kleine, dichtgedrängte Fixsterne auf, und mit guten Teleskopen sieht man, dass diese Stellen immer desto sternreicher sind, je heller sie dem blossen Auge erscheinen, zum Beweise, dass das Licht dieser Sternstrasse bloss von den in ihr gehäuften und dicht gedrängten Sternen kommt, obschon in der That mehrere Stellen derselben auch durch unsere besten Instrumente sich nicht mehr in einzelne Sternen auflösen lassen, wahrscheinlich, weil sie dort zu entfernt von uns und zu nahe neben einander stehen, um noch einzeln von uns erkannt zu werden.

Der ganze regelmässige Bau dieser wunderbaren Zone von wahrhaft unzähligen Sternen zeigt uns, dass sie ein isolirtes System von Sonnen am Himmel bildet, ein System, zu welchem auch unsere eigene Sonne als ein zwar kleiner aber doch integrirender Theil gehört. Wir haben bereits oben (*II.* §. 182) gezeigt, dass diese Milchstrasse im Allgemeinen die Gestalt einer Linse habe, von deren Mittelpunkt unser ganzes Sonnensystem nicht eben weit entfernt sein kann.

Wenn aber unser Sonnensystem nicht in der Nähe dieses grossen, linsenförmigen Sternengebäudes, sondern wenn es weit seitwärts von demselben entfernt läge, so würden wir die ganze Milchstrasse auch nicht mehr unter der Gestalt eines grössten Kreises des Himmels, sondern wir würden sie als einen kleineren Kreis, oder vielmehr als eine Ellipse sehen, die aber einem solchen kleineren Kreise desto näher kommt, je mehr unsere Gesichtslinie auf der Ebene dieser Linse senkrecht steht. Wenn wir z. B. um den grössten Durchmesser der Linse senkrecht von ihr abstünden, so würden wir sie als eine kreisförmige Scheibe von beiläufig 60 Graden im scheinbaren Durchmesser, also nahe so gross sehen, als uns jetzt das Sternbild des grossen Bären erscheint. In einer Entfernung von zehn Durchmessern aber würde diese Linse nur 5 ½ Grade, und in einer Entfernung von hundert solchen Durchmessern nur mehr einen halben Grad einnehmen. In dieser letzten Entfernung würden wir, selbst mit unseren besten Fernröhren die einzelnen Sterne der Milchstrasse nicht mehr erkennen, und das Ganze würde uns nur mehr als eine kleine, matt beleuchtete Wolke erscheinen.

§. 217. (Andere, ähnliche Gegenstände des Himmels.) Allein solcher kleinen, matten Lichtwolken sehen wir mit unseren Fernröhren in der That sehr

viele am Himmel. Dass sie keine Wolken sind, dass sie nicht unserer Atmosphäre, sondern dem Himmel selbst angehören, folgt schon daraus, dass sie im Allgemeinen weder ihre Gestalt, noch ihren Ort am Himmel ändern, sondern vielmehr, gleich den eigentlichen Fixsternen, immer dieselbe Stelle einnehmen.

Der ältere Herschel bereits hatte über dreitausend solcher Himmelswolken entdeckt, und es gelang ihm auch mit Hülfe seiner vortrefflichen Teleskope, viele derselben in einzelne Sterne aufzulösen, zum Beweise, dass sie in der That nichts anderes, als eben solche Aggregate von Fixsternen wie unsere Milchstrasse sind. Allein viele derselben behalten auch in den besten Fernröhren noch immer ihre frühere Gestalt von Wolken oder Nebeln bei, und diese müssen daher, wenn sie anders noch aus Sternen bestehen, noch ungleich weiter als jene von uns entfernt sein. Doch ist es auch möglich, dass mehrere von ihnen in der That nur blosse Lichtnebel, also Himmelskörper von einer ganz andern Art sind, als diejenigen, welche wir bisher kennen gelernt haben.

§. 218. (Aeltere Eintheilung dieser Gegenstände in Klassen.) Derselbe vortreffliche Beobachter bemerkte bald, dass diese Gegenstände, deren er eine so bedeutende Anzahl am Himmel gefunden hatte, grosse Verschiedenheiten unter sich zeigten, und er fand es daher für nöthig, zur bessern Uebersicht derselben sie in acht Klassen einzutheilen.

Die erste Klasse enthielt die hellglänzenden Nebel, die sich, auch durch seine besten Teleskope, nicht in Sterne auflösen liessen. Herschel führt derselben 288 an. Die zweite enthielt 907 lichtschwache, die dritte 978 sehr matt schimmernde, ebenfalls unauflösbare Nebel. Die meisten Gegenstände dieser drei Klassen haben eine völlig unregelmässige Gestalt und gewöhnlich noch einzelne Theile, die sich durch ein helleres Licht von den übrigen unterscheiden. In der vierten Klasse führt er die sogenannten planetarischen Nebel auf, die eine ganz kreisförmige Gestalt, in allen ihren Theilen durchaus dieselbe Lichtstärke und meistens noch einen beträchtlichen Durchmesser von fünf, zehn und mehr Sekunden haben. In diese Klasse nahm er auch die sogenannten Nebelsterne und Sternnebel auf (*nebulous stars* und *stellar nebulae*), von welchen die ersten eigentliche, hellleuchtende Fixsterne mit kreisrunden, nebeligen Atmosphären sind, deren Grenzen sich allmählich verlieren, während die anderen aus Fixsternen bestehen, die mit Nebeln von besonderer Gestalt, von der eines Pinsels, eines Fächers, einer Locke, einer Wulst u. dgl. in Verbindung stehen. Die fünfte Klasse enthält 52 sehr grosse und oft mehrere Quadratgrade ausgebreitete Nebelstellen mit auslaufenden Zweigen oder Armen. Die sechste, siebente und achte Klasse endlich enthält die eigentlichen Sterngruppen (*clusters of stars*), oder reiche und dicht gedrängte Sammlungen kleinerer Sterne. Die der sechsten Klasse sind sehr sternreiche, die der siebenten dicht gedrängte und meistens kreisrunde, und die der achten endlich mehr unordentlich zerstreute Aggregate von kleinen Fixsternen, deren erster Anblick aber schon zeigt, dass sie zusammen gehören und gleichsam ein eigenes System von Fixsternen am Himmel bilden.

Diese Sonderung in acht Klassen, deren Grenzen, wie man sieht, nicht scharf geschieden sind, enthält zu viel Willkürliches, als dass sie lange hätte zum eigentlichen Eintheilungsgrunde eines grösseren Ver-

zeichnisses dienen können. Ueberdiess tritt hier noch der Umstand hinzu, dass das Aussehen eines Nebelfleckes mit der Vergrösserung der optischen Kraft des zu seiner Betrachtung verwendeten Fernrohres fast stets sich so verändert, dass man ein wesentlich verschiedenes Objekt vor sich zu haben meint. Am leichtesten kann man sich davon überzeugen, wenn man die Beschreibungen vergleicht, die Messier, beide Herschel, Rosse u. a. von denselben Nebeln gegeben haben, und auch wir werden später Gelegenheit finden, einige merkwürdige Beispiele dieser Art zu besprechen. W. Herschel's Sohn, der Erbe seiner vorzüglichen Teleskope und seines ausgezeichneten Beobachtungstalentes, hat es daher vorgezogen, jene oder eine ähnliche Eintheilung nur nebenher beizubehalten und diese Gegenstände ganz so, wie wir es bisher mit den Planeten und Fixsternen zu thun pflegten, nach Rectascension und Declination zu registriren.

§. 219. (Verzeichnisse dieser Gegenstände.) Die ältesten vollständigeren Verzeichnisse dieser Nebel und Sterngruppen, die des älteren Herschel, sind in den *Philos. Transact.* für die Jahre 1786, 1789 und 1802 enthalten. Aus ihnen hat Bode in seinen Berl. Jahrbüchern für 1791 und 1794, so wie J. W. Pfaff in seinem Werke: »Schriften Herschel's, Dresden 1826,« und vor Kurzem Auwers in den Annalen der Königsberger Sternwarte Uebersetzungen und Auszüge gegeben. Der jüngere Herschel hat später die meisten dieser Gegenstände revidirt und nach seinen eigenen Beobachtungen ein Verzeichniss von 2396 Nebeln und Gruppen in den *Philos. Transact.* für das Jahr 1833 zusammengestellt, und in denen für das Jahr 1864 einen Catalog sämmtlicher bisher bekannter Gebilde dieser Art veröffentlicht. Noch besitzen wir ein anderes, kleineres Verzeichniss dieser Art von Messier (*Mém. de l'Acad. de Paris* 1771 und *Conn. des temps* 1783 und 1784), welches aber nur solche Gegenstände enthält, die noch mit Fernröhren von 3 bis 4 Zoll Oeffnung gesehen werden können. Sehr wichtige Beiträge hat vor Kurzem Lord Rosse mit seinem riesigen Teleskope geliefert, und uns offenbar der erste in das eigentliche Detail dieser Himmelskörper eingeführt, da erst durch ihn eine bei solchen Gestirnen von vornherein schwer glaubliche Regelmässigkeit in Gestalt und Anordnung mehr und mehr zu verschwinden beginnt.

§. 220. (Vertheilung der Nebel und Sterngruppen am Himmel.) Wenn man die erwähnten Kataloge näher betrachtet, so sieht man, dass einige Gegenden des Himmels sehr reich an diesen Gegenständen sind, während andere beinahe nichts von ihnen enthalten. Gewöhnlich trifft man sie in ganzen Lagern neben einander geschichtet an. Herschel d. j. bemerkt in dieser Hinsicht, dass die meisten Sternhaufen und alle unregelmässig geformten Nebelflecke in oder nahe bei der Milchstrasse, hauptsächlich um Orion, Argo, Schütze und Schwan liegen, während die regelmässig gestalteten auf der nördlichen Hemisphäre in einer durch den Pol der Milchstrasse ziehenden Zone um die Löwen, den grossen Bären, die Jagdhunde, das Haupthaar der Berenice, Bootes und Jungfrau angehäuft, auf der südlichen Halbkugel hingegen ziemlich gleichmässig vertheilt sind mit alleiniger Ausnahme der Kapwolken.

Dabei ist die äusserste Grenze dieser Nebellager scharf abgeschnitten, und unmittelbar an diesen Nebeln ist der Himmel sehr rein davon. Der ältere Herschel fand diese Bemerkung so allgemein gültig, dass er

immer, so oft er auf eine solche ganz nebelleere Stelle des Himmels kam, bald darauf ein neues Lager von Nebeln erwartete, und nur sehr selten in dieser Erwartung getäuscht wurde.

§. 221. (Eigentliche Sterngruppen.) Sterngruppen oder auch Sternhaufen nennt man diejenigen isolirten, lichten Stellen des Himmels, die sich, wenigstens durch bessere Fernröhre, durchaus in einzelne Sterne auflösen lassen, während sie mit freien Augen entweder nur als matte Lichtwolken, oder auch, im gewöhnlichsten Falle, gar nicht sichtbar sind. Einige derselben kann man schon mit Fernröhren von 3 bis 4 Zoll Oeffnung sehen, und wir werden diese besonders bemerken, damit die Leser, die mit solchen Instrumenten versehen sind, wenigstens diese Gegenstände am Himmel selbst nachsehen und näher kennen lernen mögen.

Die in den folgenden Angaben aufgeführten Rectascensionen *AR* und Deklinationen *D* gehören durchaus für das Jahr 1850, und können, da die Durchmesser dieser Gegenstände meistens sehr bedeutend sind, auch für dreissig und mehr Jahre vor- und rückwärts von dieser Epoche gelten. Zu ihrer Aufsuchung am Himmel ist ein parallaktisch aufgestelltes Fernrohr sehr bequem (siehe unten IV. Abth.).

Zu diesen Sterngruppen gehören also vorerst jene, die man schon mit freien Augen oder doch mit sehr schwachen Fernröhren, als eigentliche Sammlungen von Sternen erkennt. Solche sind:

AR = 54° ..., *D* = + 23° ..., die bekannten Pleiaden oder die Gluckhenne am Halse des Stiers, mit freien Augen schon auflösbar. S. Atlas des gestirnten Himmels Fig. 4.

AR = 32° 28′, *D* = + 56° 28′, *h* und *χ* im Schwerte des Perseus, dem unbewaffneten Auge als eine lichte Wolke auffallend. Die Gruppe besteht aus Sternen 7. bis 14. Grösse, hat zwei Mittelpunkte der Verdichtung, und bildet eines der herrlichsten teleskopischen Objekte des Himmels.

AR = 127° 53′, *D* = + 20° 30′, die sogenannte Krippe im Sternbilde des Krebses. S. Atl. d. g. H. Fig. 6.

AR = 178° ..., *D* = + 26° ..., das Haupthaar der Berenice, mit freien Augen schon auflösbar.

Ohne uns weiter bei diesen und ähnlichen bekannten Gruppen aufzuhalten, gehen wir sofort zu den eigentlich teleskopischen Sterngruppen über, deren man so viele am Himmel bemerkt. Ihre Gestalt ist beinahe durchaus rund und oft selbst genau kreisförmig; die Sterne, aus welchen sie zusammengesetzt sind, scheinen meistens gleich gross zu sein, und nur zuweilen findet man einen oder einige grössere Sterne in der Mitte dieser Gruppen. Diese grösseren Sterne sind dann oft durch eine rothe Farbe ausgezeichnet oder auch eigentliche Doppelsterne. Die Kreisform findet man vorzüglich bei allen jenen Gruppen, deren Sterne sehr klein und gedrängt sind, gleichsam als wären jene in ihrer Ausbildung schon weiter vorgeschritten, während die anderen an ihren Grenzen noch unregelmässig sind und oft selbst noch in Zweige und Arme auslaufen. Die Anzahl der Sterne in den sehr gedrängten Gruppen ist oft wahrhaft ausserordentlich. An ein eigentliches Zählen lässt sich da nicht mehr denken, aber nach Herschel's Schätzungen sind oft wenigstens fünftausend Sterne in einem kugelförmigen Raume zusammengepresst, dessen Durchmesser kaum 8 bis 10 Minuten hat, dessen Oberfläche also kaum den zehnten Theil der Oberfläche des Vollmondes be-

trägt. Gegen die Mitte dieser Gruppen nimmt die Helle derselben meistens stufenweise zu, und zwar so stark, dass diese Centralhelle nicht blos optisch ist, wie sie auch jede andere, aus völlig gleich weit abstehenden Sternen gebildete Kugel zeigen würde, sondern physisch, dadurch bewirkt, dass die Sterne gegen den Mittelpunkt der Kugel in der That näher an einander rücken, was wahrscheinlich die Folge einer grösseren Attraktion dieses Mittelpunktes ist. Die scharfe Begrenzung und die auffallende Symmetrie des inneren Baues dieser wundervollen Sonnengebilde zeigen, dass sie in sich selbst abgeschlossen sind, umschlungen von einem eigenen gemeinsamen Bande des Zusammenhanges, dessen innere Organisation uns aber wohl für immer unbekannt bleiben wird. Allerdings mag es auf den ersten Blick gewagt erscheinen, diese zahllosen Sterne, aus welchen jene Gruppen bestehen, für eben so viele Sonnen, an Grösse gleich unserer Sonne anzunehmen. Aber wer kann uns widersprechen, wenn wir behaupten, dass sie vielleicht noch viel grösser sind, dass die wahren Distanzen der einzelnen Sterne dieser Gruppen unter einander ebenso bedeutend sein können, als diejenigen, welche die einzelnen Fixsterne unserer Milchstrasse von einander trennen, und dass sie uns nur desshalb so dicht an einander gedrängt erscheinen, weil sie Tausende von Billionen Meilen von uns abstehen? Wenn uns solche Behauptungen übertrieben erscheinen, so folgt daraus noch nicht, dass sie es auch in der That sind. Für jene Fernen fehlt uns aller Massstab, und unsere bloss relativen Begriffe von Grösse finden dort keine Anwendung mehr. Wenn das Licht von zehntausend Sonnen zusammengenommen uns doch nur wie das eines Sterns der fünften oder sechsten Grösse erscheint, so muss wohl ihre Entfernung von uns ganz ausserordentlich und noch viel grösser sein, als selbst die Distanz der anderen Fixsterne unter sich, so gross auch diese letzte uns erscheinen mag.

— — Who can satiate sight
In such a scene, where depht, height, breadth
Are lost in their extremes, and where, to count
The thick-sown glories in this ocean of Suns,
Perhaps a Seraph's computation faiis.

Young.

§. 222. (Vorzüglichste Sterngruppen.) Hier folgen die ausgezeichnetsten dieser Gruppen, von denen man mehrere schon mit mässigen Fernröhren erkennen kann. Die dabei vorkommenden Sterngrössen sind von J. Herschel, obschon er bei einzelnen Sternen auch nur 16 Hauptabstufungen annimmt, hier wie bei Doppelsternen bis zur 20. fortgeführt.

AR = 101° 38′, *D* = + 18° 10′, in den Zwillingen. Eine grosse, unregelmässige, fächerartig ausgebreitete Sterngruppe. Gegen die Spitze nimmt sie rasch an Licht zu, und an dem der Spitze gegenüber liegenden Rande erscheint sie zerrissen und schlecht begrenzt. Länge und Breite des Ganzen 5 bis 6 Minuten. Siehe Atlas d. gest. H. Fig. 11.

AR = 127° 46′, *D* = — 29° 25′, im Schiff Argo. Ein feiner Sternhaufen nahe von der Gestalt eines X, aus Sternen der 11. bis 13. Grösse. Diameter 6 Minuten.

AR = 129° 45′, *D* = + 13° 9′, im Krebs. Eine schöne Gruppe von Sternen 9. bis 10. Grösse, die sehr regelmässig um einen Centralstern angeordnet sind.

$AR = 196^0\ 24'$, $D = +\ 18^0\ 58'$, im Haupthaar der Berenice. Eine sehr schöne und stark gedrängte Gruppe von ungemein kleinen Sternen 12. bis 20. Grösse, mit zerstreuten Sternen bis zu einer bedeutenden Distanz. Die Mitte ist sehr hell, und gegen den Rand hin läuft die Gruppe in krummlinige Zacken aus. Durchmesser 5 Minuten.

$AR = 203^0\ 48'$, $D = +\ 29^0\ 8'$, im südlichen Jagdhunde. Ein sehr interessantes Objekt von 6 Minuten Durchmesser. Es enthält wenigstens tausend Sterne der 11. Grösse und darunter, die eine helle Stelle gegen den Mittelpunkt bilden, aus welchem gleichsam Lichtstrahlen gegen den Umkreis ausströmen.

$AR = 209^0\ 40'$, $D = +\ 29^0\ 14'$, im Bootes. Sehr grosse, reiche, runde Gruppe von 8 bis 10 Minuten Diameter. Die Sterne sind der 12. bis 18. Grösse. Die Gruppe hat keinen lichten Kern, die Sterne sind gegen die Mitte der Gruppe ungemein gedrängt, und nur für die stärksten Fernröhren einzeln zu erkennen.

$AR = 227^0\ 45'$, $D = +\ 2^0\ 40'$, in der Wage. Sehr schöne und gedrängte kugelförmige Gruppe. Die Beleuchtung derselben wächst stark gegen die Mitte, wo die Sterne nicht mehr getrennt werden können. Der Durchmesser des Ganzen ist 2½ Minuten. Die Nachbarschaft um diese Gruppe ist sternleer. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 9.

$AR = 232^0\ 32'$, $D = +\ 6^0\ 29'$, in der Schlange. Feine, runde Sterngruppe, gegen die Mitte stufenweise heller. 2 Minuten Durchmesser. Ungemein schwer aufzulösen. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 10.

$AR = 249^0\ 5'$, $D = +\ 36^0\ 45'$, im Herkules. Sehr reiche Sterngruppe von mehreren tausend Sternen der 10. bis 15. Grösse, fast bis zur Mitte auflösbar, und am Rande in Strahlen auslaufend, besonders gegen Südost. Durchmesser 7 bis 8 Minuten. Diese Gruppe, einer der prachtvollsten Gegenstände am Himmel, eben noch mit dem freien Auge als mattes Wölkchen zu erkennen, wurde von Halley 1714 entdeckt, und wird von Messier noch als Nebel ohne Sterne beschrieben. Sie steht zwischen η und ζ des Herkules und ist Atl. d. g. H. Fig. 7 abgebildet, und zwar so, wie man sich eigentlich Darstellungen dieser Art immer zu denken hat, nämlich licht auf dunklem Hintergrunde.

$AR = 252^0\ 16'$, $D = -\ 3^0\ 52'$, im Schlangenträger. Eine runde Gruppe von zerstreut stehenden Sternen, 10 Minuten im Durchmesser, ohne eigentlichen Kern.

$AR = 267^0\ 3'$, $D = -\ 18^0\ 58'$, im Schlangenträger. Grosse, reiche, nicht sehr gedrängte Gruppe von 60 bis 80 Sternen der 9. bis 13. Grösse, die grösstentheils auf regelmässigen krummen Linien zu liegen scheinen.

$AR = 276^0\ 48'$, $D = -\ 24^0\ 0'$, im Schützen. Sehr schöne, kugelförmige Gruppe, allmählich heller gegen die Mitte, aber ohne eigentlichen Kern. Die Sterne der 12. bis 20. Grösse scheinen durchaus gleich vertheilt und die Grenze des Ganzen verwaschen.

AR = 280° 46′, *D* = — 6° 27′, im Sobieski'schen Schilde. Schöne aber unregelmässige Gruppe von 10 bis 12 Minuten Durchmesser. Die Sterne alle der 12. Grösse mit einem helleren der 9. Grösse in der Mitte. Das ganze Bild scheint in fünf oder sechs verschiedene Gruppen gebrochen zu sein. Wurde schon 1681 von Kirch entdeckt.

AR = 287° 41′, *D* = + 29° 55′, in der Leier. Reiche, sehr gedrängte Gruppe, gegen die Mitte sehr hell, hat sehr nahe die Gestalt eines Dreiecks. Der grösste Durchmesser ist drei Minuten. Die Sterne sind von der 12. bis 14. Grösse.

AR = 291° 6′, *D* = + 8° 55′, im Adler. Sehr reich und gedrängt. Durchmesser 40 Sekunden.

AR. = 311° 18′, *D* = — 13° 6′, im Steinbock. Runde, gegen die Mitte ziemlich helle Sterngruppe von 2 Min. Durchmesser.

AR. = 320° 41′, *D* = + 11° 31′ im Pegasus. Gross, licht, unregelmässig rund, gegen die Mitte heller, als wenn hier die Gruppe eine wulstige Erhöhung hätte. Aus dem Mittelpunkte scheinen Lichtstreifen gegen die Peripherie zu gehen. Steht in einer sehr sternleeren Gegend, und wurde 1745 von Maraldi aufgefunden.

AR = 321° 26′, *D* = — 1° 29′, im Wassermann. Schön, gross, rund, auflösbar. Gegen die Mitte sehr hell, gleichsam flammend, obschon hier die Sterne nicht dichter stehen. Der Anblick der Gruppe gleicht dem eines Haufens Goldsandes. Der hellste Theil des Ganzen hat 1½ Minute im Durchmesser, und das Licht desselben gleicht dem eines Sternes der 6. Grösse. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 8.

AR = 357° 22′, *D* = + 55° 53′, in der Cassiopeja. Sehr schöne, grosse, runde Gruppe, sehr reich an dicht gedrängten Sternen. Das Ganze wird allmählich heller gegen die Mitte, aber ohne Verdichtung zu einem eigentlichen Kern. Durchmesser 15 Minuten. Die Sterne sind von der 11. bis 18. Grösse. Entdeckt von Caroline Herschel 1783.

Von denjenigen Gruppen, die einen ausgezeichnet gefärbten Stern in ihrer Mitte haben, kann man bemerken:

AR = 32° 51′, *D* = + 56° 28′, in der Cassiopeja. Gross und schön, gegen die Mitte heller. Diese Gruppe steht nahe bei der oben erwähnten grossen Gruppe des Perseus. Mit einem rothen Sterne in der Mitte.

AR = 77° 25′, *D* = + 39° 10′, im Fuhrmanne. Eine reiche Sterngruppe mit einem orangefarbigen Sterne der 7. Grösse.

AR = 321° 20′, *D* = + 50° 55′, im Schwan. Schöne, nicht sehr gedrängte Gruppe von Sternen der 16. bis 18. Grösse, 8 Minuten Durchmesser. In der Mitte ein röthlicher Stern der 11. Grösse.

AR = 324° 45′, *D* = + 53° 0′, im Schwan. Ein sehr merkwürdiger Gegenstand, nämlich ein ovaler Ring von kleinen, nahe an einander stehenden Sternen gebildet, 4 Minuten Durchmesser; in der Mitte des Ringes ein Stern der 9. bis 10. Grösse von rubinrother Farbe.

Gruppen mit Doppelsternen in ihrer Mitte finden sich ebenfalls mehrere am Himmel, z. B.:

AR = 38° 6′, *D* = + 42° 8′, im Perseus. Eine schöne Gruppe von nahe zwanzig Sternen der 9. bis 11. Grösse, und vielen anderen kleineren. In der Mitte derselben ein Doppelstern.

AR = 74° 30′, *D* = + 37° 11′, im Fuhrmanne. Gedrängte Gruppe von 20 bis 30 Sternen mit einem Doppelstern.

AR = 101° 0′, *D* = + 0° 38′, im Einhorn. Eine reiche, gleichsam in drei Aeste gespaltene Gruppe von 20 Minuten Durchmesser, in deren Hauptstelle ein Doppelstern.

AR = 121° 35′, *D* = — 5° 20′, im Einhorn. Schöne, grosse, reiche Gruppe von Sternen der 9. bis 13. Grösse, zwischen welchen aber der Hintergrund des Himmels mit unzähligen kleinen, lichten Punkten wie besäet erscheint. In der Mitte ein Doppelstern.

AR = 300° 4′, *D* = + 35° 21′, im Schwan. In einer Gruppe von fünf hellen und vielen anderen kleineren Sternen steht ein Doppelstern.

AR = 300° 28′, *D* = + 20° 40′, im Fuchs. Eine Gruppe von vielen Sternen der 10. bis 13. Grösse. Der grösste unter ihnen ist ein Doppelstern.

AR = 315° 47′, *D* = + 50° 15′, im Schwan. Eine sonderbare, zerstreute Gruppe, in welcher mehrere dreifache Sterne.

AR = 357° 22′, *D* = + 60° 23′, im Cepheus. Sehr reiche Gruppe von 4 Minuten Durchmesser. Die Sterne sind der 12. bis 13. Grösse. Einer unter ihnen ist ein Doppelstern.

Hieher gehören auch die bereits erwähnte Gruppe des Wehrgehänges im Perseus und die Krippe im Krebs (§. 221), in deren Mitte ebenfalls ein Doppelstern steht.

Die angeführten Doppelsterne sind meistens, aber nicht immer, in der Mitte der ganzen Gruppe und gewöhnlich grösser, als alle übrigen Sterne. Doch trifft man auch zuweilen andere Gruppen, in welchen die kleinen, oft sehr dicht stehenden Sterne um einen grossen lichten Centralstern gelagert und gleichsam angereiht sind, wie z. B. bei *AR* = 129° 45′, *D* = + 13° 9′, im Krebs.

Einer dreieckigen Gruppe haben wir schon erwähnt. Eine andere von derselben Gestalt findet man bei *AR* = 359° 23′, *D* = — 21° 33′, im Walfisch, die aus etwa 12 Sternen zusammengesetzt ist. Auch eine viereckige Gruppe sieht man bei *AR* = 290° 58′, *D* = + 19° 57′, im Fuchs; sie ist 4 Minuten lang, 1 ½ Minuten breit, und besteht aus sehr gedrängten Sternen der 14. bis 18. Grösse.

Bei *AR* = 346° 13′, *D* — + 59° 45′, in der Cassiopeja, sieht man eine andere helle Gruppe, die aus zwei geraden Linien von dicht an einander gestellten Sternen besteht, zwischen welchen mehrere andere kleinere zerstreut sind. Ueberhaupt trifft man in diesen Sterngruppen nicht selten eine so regelmässige Gruppirung der helleren Sterne an, dass man sie unmöglich für zufällig halten kann. Besonders verdient die manchmal deutlich hervortretende Anordnung der Sterne in krummen Linien, die einander spiralförmig umwinden, und meist mit einem helleren Sterne beginnen und schliessen, hervorgehoben zu werden, weil solche Sternhaufen ein interessantes Prototyp der von Rosse entdeck-

ten Spiralnebel (§. 231) bilden. Ein Beispiel hiefür bietet uns schon der bereits angeführte Sternhaufen in:

AR = 267° 3′, *D* = — 18° 58′, im Schlangenträger.

Ebenso auffallend zeigt auch eine spiralige Struktur die schöne sternreiche Gruppe:

AR = 89° 58′, *D* = + 24° 33′ in den Zwillingen.

Das Vorhergehende wird genügen, dem Leser von dem Reichthume dieser Sterngruppen einen angemessenen Begriff zu geben.

§. 223. (Nebelmassen des Himmels.) Es wurde bereits oben bemerkt, dass auch die eigentlichen Sterngruppen, durch mässige Fernröhre gesehen, nur wie mehr oder weniger lichte Nebel erscheinen, während sie doch durch stärkere Instrumente in die einzelnen Sterne aufgelöst werden, aus welchen sie in der That zusammengesetzt sind. Wahrscheinlich ist diess auch der Fall mit den meisten derjenigen Himmelskörper, die uns, auch durch unsere besten Teleskope gesehen, immer noch als Nebel erscheinen, und sich erst in noch viel besseren Fernröhren, als diejenigen sind, zu welchen es die Kunst bisher gebracht hat, ebenfalls in Sterne auflösen werden, wie denn jeder bedeutende Fortschritt der Optik bisher stets die Anzahl der früher bekannten unauflösbaren Nebel verringert hat. Diese wären dann nur wieder als eigentliche Sterngruppen zu betrachten, deren Sterne aber entweder zu klein oder zu lichtschwach, oder endlich zu weit von uns entfernt sind, um noch deutlich unterschieden zu werden. Doch mögen, wie gesagt, auch unter diesen wundervollen Wesen des Himmels manche sein, welche nicht bloss aus eigentlichen Sternen zusammengesetzt sind: Wesen eigener Art, die als wahre Lichtnebel für sich bestehen und keineswegs nur optisch sich so darstellen.

Es gibt in der That ganze grosse Gegenden des Himmels von mehreren Quadratgraden, die völlig mit dieser Nebelmasse überzogen sind. Diese Gegenden zeichnen sich nicht nur durch ihr helleres Licht vor dem übrigen dunklen Grunde des Himmels, sondern auch durch ein eigenes schuppen- oder flockenartiges Ansehen aus, welches kaum bloss die Wirkung sehr dicht stehender, entfernter Sterne sein kann. Ja oft sieht man diese Nebel in einer so unmittelbaren Verbindung mit eigentlichen hellen Fixsternen, dass man den wesentlichen Unterschied zwischen diesen beiden Gattungen von Himmelskörpern kaum läugnen kann, wie wir weiter unten bald näher sehen werden.

Wir wollen uns hier wieder darauf beschränken, die vorzüglichsten dieser eigentlichen Nebel, zur bessern Uebersicht nach ihrer äusseren Form in Klassen geordnet, näher anzuführen.

§. 224. (Sehr grosse und weit verbreitete Nebel.) Diese sind gewöhnlich äusserst lichtschwach, an ihren Grenzen sehr unbestimmt und verwaschen, daher man sie nur mit sehr starken Fernröhren sehen kann. Bei den folgenden ist die Ausdehnung derselben in Quadratgraden angegeben, wobei man bemerken kann, dass die Oberfläche der Sonne oder des Mondes für uns nahe den vierten Theil eines Quadratgrades beträgt. Wenn es daher von einem solchen Nebel heisst, dass er fünf Quadratgrade einnimmt, so heisst diess, dass er in seiner Oberfläche zwanzigmal grösser als die Sonne erscheint. Ein Nebel von acht Quadratgraden wird eben so eine 32mal grössere scheinbare Fläche haben, als die Sonne. Wenn also in dem letzten Falle ein solcher Himmelskörper auch

nur eine Sternweite, d. h., wenn er vier Billionen Meilen (*I.* §. 70) von uns entfernt ist, so wird der wahre Durchmesser desselben schon gegen 200000 Millionen Meilen betragen, also 500mal grösser sein, als der Halbmesser der ganzen Uranusbahn, deren Durchmesser 830 Millionen Meilen beträgt — eine Ausdehnung, von welcher auch die lebhafteste Phantasie sich keinen angemessenen Begriff mehr zu machen im Stande ist.

	AR.		*Decl.*		Quadratgrade.
In den Fischen . .	3°	38′	+ 3°	43′	7.6
In der Andromeda .	9	16	+ 43	4	8.6
Im Fuhrmann . .	78	16	+ 24	57	3.4
Im Orion	82	0	— 4	36	4.6
Im Bootes . . .	209	43	+ 34	16	1.6
Im Wassermann .	310	45	— 2	12	4.1

W. Herschel hat die Flächenräume aller von ihm beobachteten Nebel dieser Art in eine Summe gebracht und diese über 200 Quadratgrade gross gefunden, so dass die Menge des in dem Weltraume zerstreuten Nebels in der That an das Ungeheure zu grenzen scheint.

§. 225. (Grössere, unregelmässige Nebel.) Diese Gattungen von Nebeln sind zwar kleiner als die vorhergehenden, übertreffen aber doch die Oberfläche der Sonne oder des Mondes oft noch vielmal; sie sind überdiess an ihrem Rande meistens schärfer begrenzt, haben aber immer noch eine sehr unregelmässige Form. Auch bemerkt man in den meisten von ihnen auffallend hellere Stellen, in welchen das Licht gleichsam concentrirt erscheint. Gewöhnlich sind diese helleren Theile, diese Kerne oder, wie man sie in neuerer Zeit häufig sehr passend nennt, Lichtknoten des Nebels nahe kreisrund, besonders in jenen Fällen, wo das Licht in denselben sehr stark ist, und gegen den Mittelpunkt schnell an Intensität zunimmt.

Einen solchen Nebel sieht man z. B. bei *AR* = 181° 32′, *D* = + 15° 44′, in der Jungfrau. Er hat die Gestalt eines langen, an seinen Enden unregelmässigen Streifens von 10 Minuten Länge und nahe bei seiner Mitte eine helle, kernartige Stelle. Einen noch viel grösseren sieht man bei *AR* = 313° 28′, *D* = + 43° 45′, im Schwan, dessen Grenzen aber sehr schwach und unbestimmt sind. Bei *AR* = 273° 0′, *D* = — 16° 16′, im Schützen ist ein anderer grosser Nebel, der die Gestalt eines *Ω* hat. Einige Stellen desselben sind entschieden in Sterne auflösbar. Auch hat er zwei andere grosse, runde und lichte Stellen, deren Helligkeit gegen die Mitte sehr zunimmt. *AR* = 309° 52′, *D* = + 30° 10′, im Schwan; ein langer, gewundener Streifen, milchfarbig, 30 Minuten lang; nahe nördlich über ihm ein anderer schwächerer und schlangenförmiger Nebel (s. Atlas d. g. H. Fig. 42). *AR* = 312° 32′, *D* = + 31° 8′ im Schwan endlich ein über einen Grad langer Nebel, dessen eine Hälfte gabelförmig gespalten ist. An der Stelle, wo diese Spaltung beginnt, sieht man vier Sterne, die ein Trapez unter sich bilden. Dieser sonderbare Himmelskörper ist nur mit den besten Fernröhren sichtbar, und die ihn begrenzende Umgegend ist ganz mit einem schuppenartigen Nebel überzogen.

Es kommen übrigens öfters mehrere kleine, den oben erwähnten Lichtknoten sehr ähnliche Nebel wohl vollständig von einander getrennt, aber doch in unmittelbarer Nähe neben einander vor. So enthält ein Raum von einem Viertel Quadratgrad bei *AR* = 193° 5′, *D* = + 28°

45′ im Haupthaar der Berenice acht, bei *AR* = 18° 55′, *D* = + 32° 50′, in der Andromeda sieben, bei *AR* = 179° 0′, *D* = + 21° 10′, im Löwen sechs Nebel u. s. f., während Beispiele, wo innerhalb eines solchen Raumes 4 bis 5 Nebel eingeschlossen sind, keineswegs zu den Seltenheiten gehören. Es liegt nun die Vermuthung nahe, dass wenigstens einzelne solcher Gruppen die Lichtknoten ausgedehnterer Nebel seien, deren andere Parthien uns wegen ihrer Lichtschwäche noch verborgen geblieben sind. Bemerkenswerth ist es auch, dass man im Sternbilde der Jungfrau ganze Herden solcher Kernnebel, wenn man so sagen darf, am Himmel antrifft, indem Herschel oft in einer halben Stunde über dreissig durch das Feld seines unverrückten Teleskopes ziehen sah, so dass es fast den Anschein hat, als ob sie aus den grösseren Nebeln durch Zerreissung, durch Trennung oder durch eine theilweise Condensation des Nebelstoffes entstanden wären. Ja es ist das Sternbild der Jungfrau eigentlich nur der Ausgangspunkt eines grossen Lagers solcher Kernnebel, welches durch das Haar der Berenice, den grossen Bären, die Andromeda und den nördlichen Fisch bis zum Kopfe des Centaurs geht, und in dieser ganzen gewaltigen Ausdehnung überall reich an Nebeln ist.

§. 226. (Nebel von regelmässiger Gestalt.) Regelmässig geformte Nebel sind beinahe durchaus entweder nahe kreisrund oder elliptisch gestaltet. Jene haben meistens einen hellen Kern in der Mitte, dessen Umfang mit dem des ganzen Nebels concentrisch ist, und sind im Allgemeinen weit leichter auflösbar als diese. Beide zeichnen sich vor den vorhergehenden durch ihre hellere Farbe und durch ihre kleineren Dimensionen aus. Solche Nebel findet man in:

AR = 19° 14′, *D* = + 8° 45′, in den Fischen. Sehr hell, rund, und gegen die Mitte ziemlich rasch an Licht zunehmend. Diameter eine Minute.

AR = 128° 14′, *D* = + 50° 44′, im grossen Bären. Elliptischer Nebel, ziemlich hell und schmal, plötzlich hell in der Mitte, 30″ lang, 20″ breit.

AR = 145° 45′, *D* = + 69° 47′, im grossen Bären. Ein schöner, elliptischer, sehr breiter Nebel, mit schwachen Strahlen am Rande, von wo er anfangs langsam, dann gegen die Mitte zu ausserordentlich rasch an Helligkeit zunimmt. Der dichteste Theil hat 4 Minuten Länge und 3 Minuten Breite. Er wurde 1774 von Bode aufgefunden. Etwa ½° nördlicher steht noch ein ähnlicher, aber kleinerer und schwächerer.

AR = 167° 47′, *D* = + 13° 54′, im grossen Löwen. Elliptischer Nebel mit rundem Kerne, in der Mitte bedeutend heller, 4 Minuten lang, der runde Kern hat 20 bis 30 Sekunden Diameter. S. Atlas d. g. H. Fig. 14. Rosse sieht ihn mit deutlich elliptischem, spiralförmig gewundenem Kerne, das Ganze flockig. S. Atlas Fig. 15.

AR = 176° 15′, *D* = + 44° 57′, im grossen Bären. Ein ausgezeichnet schöner, heller, runder Nebel von 3 bis 4 Minuten Diameter, stufenweise heller gegen die Mitte, am Rande sehr verwaschen.

AR = 257° 33′, *D* = — 18° 22′, im Schlangenträger. Ein runder, allmählich gegen die Mitte heller werdender Nebel von 3 bis

4 Minuten Diameter. In starken Fernröhren in Myriaden ausnehmend kleiner Sternchen auflösbar.

AR = 271° 13′, *D* = + 6° 49′, im Schlangenträger. Ein herrlicher, runder, vollkommen scharf begrenzter Nebel. Er ist sehr hell und gleicht einem Sterne 8. 9. Grösse. Sein Licht ist blass und trübe, aber sternartig und schon im Zwielichte sichtbar. Diameter 8″.

AR = 337° 33′, *D* = + 33° 37′, im Pegasus. Sehr hell, elliptisch, ziemlich breit, rasch hell gegen die Mitte, 90″ lang, 30″ breit. Hart an ihm ein anderer schwacher Nebel von 16″ Diameter.

§. 227. (Doppelnebel.) Wie oben bei den Fixsternen, so sehen wir auch hier bei den Nebeln häufig zwei derselben so nahe stehen, dass wir an ihrem Zusammengehören, an ihrer innigen Verbindung nicht wohl zweifeln können, um so mehr, da diese Doppelnebel zu oft vorkommen, als dass ihre scheinbare Duplicität bloss optisch sein sollte. Auch sieht man sie öfter durch Nebelbänder mit einander unmittelbar verbunden, während einige an ihren nächsten Grenzen in einander fliessen, oder während der eine derselben an seinem Rande eine Vertiefung, eine Bucht zeigt, in welche die gegenüberstehende Hervorragung des andern der Grösse und Form nach genau zu passen scheint u. s. w. Bei mehreren von diesen Nebeln haben die kräftigen Fernröhre von Rosse in neuerer Zeit die physische Verbindung auch dadurch erwiesen, dass sie eine beide einhüllende, äusserst schwache Nebelmasse zum Vorschein brachten. Solche Nebel sind:

AR = 109° 1′, *D* = + 29° 47′, in den Zwillingen. Die Kerne der beiden sich berührenden Nebel sind so hell, dass sie beinahe sternartig glänzen. Distanz der Kerne 30″. Die Helligkeit nimmt gegen den Rand sehr rasch ab. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 31. Rosse sieht einen kleinen Stern zwischen beiden Nebelkernen, den Nebel strahlenförmig auslaufend, und gleichsam von Segmenten einer zweiten Nebelhülle umschlossen. Siehe Atlas Fig. 32.

AR = 140° 55′, *D* = + 22° 10′, im grossen Löwen. Sehr hell, das Ganze erscheint elliptisch; Diameter 3′. Siehe Taf. X. Fig. 2. Rosse sieht den Kern des helleren Nebels wie eine gedrängte Gruppe von Sternen; um diesen Kern, der so ziemlich das Centrum der Figur ausmacht, erscheint der übrige Theil des Nebels in spiralförmigen Windungen, in welchen der zweite Nebelkern sitzt. Das Ganze verliert dadurch den Charakter eines Doppelnebels. Siehe Taf. X. Fig. 3.

AR = 178° 33′, *D* = — 18° 2′, im Becher. Zwei runde, in einander fliessende Nebel, die beide gegen ihre Mitte viel heller sind.

AR = 184° 38′, *D* = + 34° 21′, in den Jagdhunden. Nahe wie der vorhergehende, nur grösser. Das Ganze der beiden Nebel ist 10′ lang und 3′ breit.

AR = 187° 14′, *D* = + 11° 55′, im Haupthaar der Berenice. Ein sehr schöner Doppelnebel; beide sind hell, rund und gegen die Mitte lichter. Ihre Durchmesser sind 45 und 60″.

AR = 189° 10′, *D* = + 32° 59′, in den Jagdhunden. Zwei elliptische, an ihren Enden zugespitzte Nebel. Die beiden Ellipsen stehen

in einem dieser Endpunkte auf einander senkrecht. Die grössere ist heller, und in beiden nimmt das Licht gegen den Mittelpunkt bedeutend zu. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 35.

AR = 225⁰ 14′, *D* = + 20⁰ 7′, im Bootes. Beide Nebel sind elliptisch, grenzen beinahe an einander, und ihre grossen Axen bilden sehr nahe eine gerade Linie.

§. 228. (Planetarische Nebel.) Diese sonderbaren Himmelskörper erscheinen uns, wie die Planeten, als kreisrunde, nur selten etwas ovale, scharf begrenzte Scheiben von mehreren Sekunden im Durchmesser, die durchaus dasselbe, gleich starke Licht haben, ohne gegen ihren Mittelpunkt, wie die vorhergehenden, an Helle zuzunehmen. Zuweilen jedoch ist auch ihr Umkreis noch mit einem concentrischen, nebeligen Rande, gleich einer ringförmigen Atmosphäre, umgeben. Die Oberfläche dieser Körper ist mit einem leichtschuppigen oder flockigen Lichte überzogen, wodurch aber das Charakteristische ihres Anblicks, die Gleichförmigkeit der Beleuchtung aller ihrer Theile, nicht wesentlich gestört wird. Der Mangel jeder Zunahme des Lichts gegen ein Centrum, welche bei kugelförmiger Anordnung aus optischen Gründen entstehen müsste, lässt vermuthen, dass sie hohle Kugelschalen oder platte Scheiben sind. Das Erstere insbesondere mag auch bei manchen in der That der Fall sein, indess hat der Riesenreflektor von Rosse bei vielen planetarischen Nebeln die scheinbare Regelmässigkeit und vorzüglich die Gleichförmigkeit der Beleuchtung verwischt, indem sich zeigte, dass es eigentlich ringförmige Nebel seien, mit einer Höhlung im Innern, in der oft ein sternartiges Gebilde sich befindet, und dass diese Höhlung ihrer Kleinheit wegen bei schwächeren Vergrösserungen verschwindet. Ein Beispiel hiefür ist der im Atlas d. g. H. Fig. 44 abgebildete planetarische Nebel, den Rosse ringförmig sieht, beiläufig so wie der Ringnebel in der Leier (§. 231. Atl. d. g. H. Fig. 36) mit mässig starken Fernröhren betrachtet erscheint, welcher letztere bei schwachen Vergrösserungen auch das Aussehen eines planetarischen Nebels annimmt. Häufig sieht man diese Nebel von kleinen, ihnen sehr nahe stehenden Fixsternen umgeben, die vielleicht die Satelliten dieser ausserordentlichen Weltkörper sind. Auffallend ist auch die häufig blaue Farbe, welche ohne complementär zu sein, bei Fixsternen sonst so selten ist. Künftige Beobachtungen werden uns diese wunderbaren Wesen näher kennen lehren.

AR = 83⁰ 29′, *D* = + 9⁰ 1′, im Orion. Ein planetarischer Nebel von 12″ Diameter, etwas elliptisch, nicht scharf begrenzt.

AR = 113⁰ 44′, *D* = — 14⁰ 23′, im Schiff Argo. Planetarischer Nebel von 56″ Diameter, vollkommen rund, mit einem sehr kleinen Sterne etwas nördlich vom Mittelpunkte. Der Nebel ist nicht heller gegen die Mitte, sondern hat durchaus gleichmässiges Licht, und steht am nördlichen Ende eines schönen Sternhaufens.

AR = 166⁰ 30′, *D* = + 55⁰ 50′, bei β grosser Bär. Der grösste planetarische Nebel. Eine ausgedehnte, gleichförmig erleuchtete, nebliche Scheibe von fast 3′ Diameter, vollkommen rund, sehr hell, nicht scharf begrenzt, nahe am Rande plötzlich an Licht abnehmend. Rosse sieht ihn in Nebelstrahlen ausgehen, erkennt im Innern zwei dunkle Flecken

mit lichten Mittelpunkten; der ganze Nebel erscheint ihm ungleichförmig erleuchtet.

$AR = 191^0\ 10'$, $D = +\ 73^0\ 44'$, im Drachen. Ziemlich matt, rund, 40″ Diameter. Der mittlere Theil von etwa 30″ Diameter ist ganz gleichförmig hell.

$AR = 293^0\ 52'$, $D = -\ 14^0\ 30'$, im Schützen. Planetarischer Nebel, hell, vollkommen rund, an Licht gleich einem Sterne neunter Grösse, Diameter 10″. Das nahe gleichförmige Licht desselben ist von sonderbarem Aussehen und nicht sternartig. Sehr nahe bei diesem Nebel stehen zwei Sternchen. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 43. Secchi hält diesen Nebel für in Sterne auflöslich.

$AR = 302^0\ 34'$, $D = +\ 30^0\ 6'$, im Schwan. Einer der grössten planetarischen Nebel, rund, ein klein wenig elliptisch, sehr scharf begrenzt, aber gegen den Rand hin entschieden heller als in der Mitte. Diess lässt ihn ringförmig erscheinen, ähnlich dem bekannten Ringnebel in der Leier (§. 231).

$AR = 303^0\ 58'$, $D = +\ 19^0\ 38'$, im Fuchs. Feiner, planetarischer Nebel, hell, vollkommen rund, etwas verwaschen am Rande, aber nicht bedeutend heller gegen die Mitte; Diameter 20 bis 30″. In der Nähe sind vier kleine Sterne.

$AR = 313^0\ 59'$, $D = -\ 11^0\ 57'$, bei ν Wassermann. Feiner planetarischer Nebel, hell, vollkommen rund, bläulich gefärbt und durchaus gleichförmig licht, nur etwas schwächer am Rande. Diameter 15″. S. Atlas d. g. H. Fig. 29. Rosse sieht von ihm zwei einander diametral entgegen stehende Spitzen auslaufen, und den Nebel strahlenförmig begrenzt. Siehe Atlas Fig. 30.

$AR = 349^0\ 40'$, $D = +\ 41^0\ 43'$, in der Andromeda. Ein planetarischer, ganz runder Nebel von 15″ Diameter. Sein Licht erscheint nicht sowohl nebelartig, sondern wie ein Stern ausser dem Brennpunkte des Fernrohres. Die Farbe des Lichtes ist weissblau, und in der Nähe des Nebels befindet sich ein Doppelstern. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 44. Rosse sieht ihn ringförmig, mit schwachem Halo umgeben.

§. 229. (Sternnebel.) Unter dieser Benennung versteht man eigentliche, hell glänzende Fixsterne, die aber mit kreis- oder kugelförmigen Nebeln umgeben sind. Rosse hat übrigens bei einigen dieser Gebilde nachgewiesen, dass der als Fixstern erscheinende Kern ein Conglomerat von ungemein vielen enorm zusammengedrängten Sternen sei, und nur wegen seiner Kleinheit selbst bei starken Vergrösserungen noch das fixsternartige Aussehen beibehalte.

$AR = 1^0\ 12'$, $D = +\ 71^0\ 42'$, im Cepheus. Ein Stern der zehnten Grösse, mit einer runden, gut begrenzten Lichtsphäre von 15″ Durchmesser.

$AR = 59^0\ 58'$, $D = +\ 30^0\ 23'$, im Stier. Ein Stern der 8. bis 9. Grösse mit einer schwachen Nebelsphäre von etwa 25″ Durchmesser. Mehrere sehr nahe liegende Sterne sind ganz nebelfrei. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 13.

$AR = 82^0\ 9'$, $D = -\ 1^0\ 18'$, ε Orion. Ein schöner Fixstern in einen sehr grossen Nebel eingehüllt.

AR. = 96° 7′, *D* = + 10° 15′, in den Zwillingen. Ein Stern der 11. Grösse, von einem runden, milchigen Nebel, dessen Rand verwaschen, umgeben. Das Licht des Sternes selbst ist trüb. Diameter des Nebels 70 bis 80″.

AR = 110° 5′, *D* = + 21° 13′, in den Zwillingen. Ein Stern der 8. Grösse genau in der Mitte eines runden, lichten Nebels von 12″ Durchmesser. Rosse sieht ihn durch sein Riesenteleskop ringförmig und strahlenartig begrenzt.

AR = 131° 43′, *D* = — 2° 29′, in der Wasserschlange. Ein elliptischer, an beiden Enden sehr zugespitzter Nebel; in jeder Spitze ein kleiner Stern, der eine 10., der andere 15. Grösse. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 26.

AR = 154° 14′, *D* = + 17° 55′, im grossen Löwen. Ein Stern der 9. Grösse, mit einem elliptischen Nebel. Der Stern ist nicht im Mittelpunkte des Nebels.

AR = 157° 21′, *D* = + 54° 17′, südlich von β im grossen Bären. Ein runder, heller, gegen die Mitte an Licht stark zunehmender Nebel. Der Durchmesser der ganzen Nebelhülle beträgt nahe eine Minute, der des runden, lichten Kernes aber 15″. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 12.

AR = 171° 18′, *D* = + 47° 52′, im grossen Bären. Ein langer, heller, elliptisch gebauter Sternnebel. Vom Rande gegen den Mittelpunkt nimmt die Helligkeit anfangs nur langsam, aber näher gegen die Mitte sehr schnell zu. Im Mittelpunkte selbst ist ein Stern der 15. Grösse. Die scheinbare Länge des ganzen Bildes beträgt 4′, die Breite 2′. Ein Stern 11. Grösse am nördlichen Ende.

AR = 184° 15′, *D* = + 5° 45′, in der Jungfrau. Ein Stern 9. Grösse mit einer hellen, runden Lichtsphäre umgeben. Schon im Zwielichte sichtbar.

AR = 187° 30′, *D* = + 14° 36′, in der Jungfrau. Ein heller Stern der 9. Grösse, mit mehreren kleineren, alle in einen feinen Nebel eingehüllt.

AR = 190° 46′, *D* = + 26° 19′, im Haupthaar der Berenice. Ein Stern oder doch ein sehr kleiner und hell glänzender Kern in einer grossen, ovalen Lichtsphäre; letztere ist 4′ lang und 3′ breit.

AR = 348° 33′, *D* = + 60° 22′, im Cepheus. Ein Stern der 9. Grösse mit einem runden, lichtschwachen Nebel umgeben.

Mehrere von den hieher gehörenden, meist runden oder elliptischen Nebeln erscheinen auch als Hüllen von doppelten und dreifachen Sternen. Oefter sieht man auch vier, fünf und mehr zerstreute Sterne, sämmtlich in einen Nebel eingehüllt, ja sogar eigentliche runde Sterngruppen findet man zuweilen von einem kugelförmigen Nebel umschlossen. Oft zieht dieser Nebel wie ein schmales, langes Band über mehrere Sterne hin, und verbindet sie zu einem gemeinschaftlichen Ganzen. Zuweilen stehen zwei helle Sterne an den beiden Scheiteln oder auch nahe bei den beiden Brennpunkten eines elliptischen Nebels. In den meisten Fällen zeigt schon der blosse Anblick dieser sonderbaren Gebilde, dass Nebel und Sterne zusammengehören und gleichsam ein abgeschlossenes System für sich bilden. Wo die Sterne in der Mitte eines abgerundeten

Nebels liegen, kann diese innigere Verbindung beider Gegenstände nicht mehr bezweifelt werden. Aber auch dann, wenn die Sterne von den Nebeln abgesondert stehen, ist doch ihre Stellung oft so auffallend, dass sie nicht ohne die grösste Unwahrscheinlichkeit dem blossen Zufalle oder einer optischen Täuschung zugeschrieben werden kann. Hier folgen einige Objekte, die mit einer oder der andern der eben erwähnten Eigenschaften begabt sind:

AR = 17° 26′, *D* = + 57° 27′, in der Cassiopeja. Ein Doppelstern; der hellere 10. Grösse; die Distanz beider 12″. Er steht in der Mitte eines grossen, runden Nebels oder eigentlich Sternhaufens.

AR = 26° 5′, *D* = + 39° 59′, in der Andromeda. Ein feiner Doppelstern mit einer runden Lichtsphäre von 90″ Durchmesser.

AR = 80° 23′, *D* = + 34° 7′, im Fuhrmann. Ein runder Nebel, der einen dreifachen Stern umschliesst. Der letztere bildet ein gleichseitiges Dreieck, dessen Seite 4″ beträgt. Die drei Sterne sind der 10., 12. und 14. Grösse. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 28. Einige Beobachter wollen den Nebel selbst nicht rund, sondern gleichfalls in der Gestalt eines nahe gleichseitigen Dreieckes gesehen haben, so dass die Lage und Form der beiden Dreiecke, die von dem Nebel und den drei Sternen gebildet werden, eine auffallende Analogie haben sollen.

AR = 104° 16′, *D* = — 11° 6′, im Einhorn. Ein Doppelstern in der Mitte eines runden Nebels.

AR = 192° 21′, *D* = + 22° 30′, im Haupthaar der Berenice. Ein sehr schwer zu trennender Doppelstern von einem hellen, runden, grossen Nebel von 6′ Durchmesser umschlossen. Neben dem Sterne ist eine schwarze Stelle, vielleicht eine Oeffnung im Nebel.

AR = 272° 3′, *D* = — 19° 56′, im Schützen. Ein heller, elliptischer Nebel; in jedem Brennpunkte der Ellipse steht ein Sternchen. Die grössere Axe der Ellipse erscheint unter dem Winkel von 50″. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 27.

AR = 324° 52′, *D.* = + 65° 24′, im Cepheus. Ein Tripelstern in der Mitte eines schwachen, schlecht begrenzten Nebels.

AR = 344° 22′, *D* = + 11° 30′, im Pegasus. Ein langer, spindelförmiger Nebel von 2′ Länge und 30″ Breite. Derselbe nimmt gegen die Mitte sehr regelmässig an Licht zu. An beiden Enden steht ein Stern 12. Grösse, wovon aber der eine von der Axe der Spindel etwas verrückt erscheint. Auch im Innern dieses Nebels sieht man noch drei sehr feine Sternchen. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 24. R o s s e sieht an dem spindelförmigen Nebel einen andern, spiralförmig gewundenen, den jener gleichsam tangirt. Siehe Atlas Fig. 25.

§. 230. (Sterne mit Nebelstrahlen.) Bei diesen Himmelskörpern steht der Fixstern meistens sehr nahe an der einen Grenze des Nebels, welcher letzte oft die verschiedensten Gestalten annimmt, wie folgende Beispiele zeigen:

AR = 25° 17′, *D* = + 5° 10′, in den Fischen. Ein Fixstern neunter

Grösse an dem äussersten Ende eines sehr feinen, geradlinigen, schmalen Nebelstreifens.

AR = 97° 45′, *D* = + 8° 52′, im Einhorn. Ein Stern 12. Grösse. mit einem lichten, fächerartigen Nebelschweife. Länge und Breite des Schweifes nahe 1′. Die Spitze desselben scheint den Stern nicht zu berühren, und der Stern wird matt und schwach begrenzt gesehen. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 20. Nach Rosse steht der Stern etwas ausserhalb eines kleinen, runden Nebels, und von diesem ganz getrennt breitet sich nach einer Seite hin ein zweiter, grösserer fächerartig aus. Atlas Fig. 21.

AR = 126° 38′, *D* = — 15° 38′, im Einhorn. Ein Stern der vierzehnten Grösse mit einem Nebelpinsel von 15″ Länge.

AR = 132° 0′, *D* = + 54° 20′, im grossen Bären. Ein Stern 11. bis 12. Grösse mit einem lichten, fächerartigen Nebelanhang. In dem Nebel selbst ist noch ein feines Sternchen sichtbar. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 22.

AR = 163° 49′, *D* = + 19° 1′, im grossen Löwen. Zwischen zwei Sternchen breitet sich ein Nebel aus, der einem elektrischen Büschel sehr ähnlich ist.

AR = 168° 7′, *D* = + 14° 25′, im grossen Löwen. Ein sehr langer, schmaler Nebelstreifen, 15′ lang, 1′ breit. In der Mitte heller. Siehe Atlas Fig. 16.

AR = 182° 4′, *D* = + 13° 59′, im grossen Löwen. Ein sehr heller, elliptischer, spindelförmiger Nebel; in seinem lichten Kern ist ein kleiner Fixstern. Diameter 7′.

AR = 187° 14′ *D* = + 26° 48′, im Haupthaar der Berenice. Ein sehr langer Streifen mit einem schwachen Kerne, in dessen Mitte ein Stern der 11. Grösse. Länge 15′, Breite ½′. Ihm nahe und parallel ein ähnlicher kleinerer Nebel. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 19.

AR = 188° 43′, *D* = + 33° 23′, in den Jagdhunden. Ein sehr langer, elliptischer oder spindelförmiger Streifen mit einem schwachen Kerne, in dessen Mitte ein helles Sternchen. Der Streifen ist 15′ lang und an dem einen Ende gekrümmt. Seitwärts von ihm ein kleiner, runder Nebel. Siehe Atlas Fig. 17. Rosse sieht ihn mit viel weniger regelmässig vertheiltem Lichte, und gewunden, den kleineren Nebel etwas elliptisch. Atlas Fig. 18.

AR = 192° 59′, *D* = + 35° 40′, in den Jagdhunden. Ein schwacher, kleiner, elliptischer Nebelstrahl, der zwei Sterne der 10. und 12. Grösse an seinen Endpunkten verbindet. Siehe Atlas Fig. 23.

AR = 193° 15′, *D* = + 3° 19′, in der Jungfrau. Ein Stern der zehnten Grösse, an welchem das Ende eines kleinen, ovalen Nebels hängt.

§. 231. (Ringförmige Nebel.) Diese sonderbaren Gebilde gehören vielleicht zu den wunderbarsten Gegenständen des Himmels, aber keineswegs zu den seltensten, obwohl der Ringnebel in der Leier, der einzige Gegenstand dieser Art ist, welcher mit mässigen Fernröhren das Charakteristische dieser Gruppe von Nebelflecken erkennen lässt. Wir haben

nämlich bereits früher (§. 228) erwähnt, dass nach Rosse's Untersuchungen, wenn nicht alle, so doch mindestens ein Theil der planetarischen Nebel in diese Kategorie gehört.

AR = 33° 19′, *D* = + 41° 41′, in der Andromeda. Ein sehr feiner, stark elliptischer Nebelstrahl von 4′ Länge und 40″ Breite. In der Mitte desselben bemerkt man eine längliche dunkle Stelle und in derselben zwei kleine Sterne. Wahrscheinlich ist diese Stelle eine Oeffnung des Ringes, dessen Ebene sehr schief gegen die Sonne liegt, daher er mehr unter der Gestalt eines elliptischen Streifens erscheint. Atlas Fig. 37.

AR = 200° 53′, *D* = + 47° 58′, in den Jagdhunden, ein sehr merkwürdiger Gegenstand. Ein runder, lichter Kern ist in einiger Entfernung von seinem Rande mit einem concentrischen Nebelringe umgeben. Die Ebene dieses Ringes scheint um einen seiner Durchmesser umgebogen, so dass die beiden Ebenen einen Winkel von nahe 45° unter einander bilden. Siehe Atlas Fig. 45. Rosse's Riesenteleskop zeigt den lichten Kern strahlig, von ihm gehen nach allen Richtungen spiralförmige Windungen aus, die durch ein schwächeres Fernrohr gesehen als Nebelring erscheinen, hier aber deutliche Spuren der Auflösbarkeit zeigen. Atlas Fig. 46.

AR = 281° 59′ *D* = + 32° 50′; der schöne Ringnebel im Sternbilde der Leier. Der äussere Durchmesser des Ringes beträgt 1′. Die innere Oeffnung desselben ist nicht ganz dunkel, wie der äussere Hintergrund des Himmels, sondern selbst wieder von einem andern, schwächeren Nebel erfüllt. Das Ganze hat das Ansehen eines über einen Reifen gespannten Schleiers. Er steht zwischen den grossen Sternen β und γ der Leier. Atlas Fig. 36. Das Riesenteleskop von Lord Rosse, dann Secchi's Refraktor in Rom, und Chacornac's Reflektor, dessen Spiegel aus galvanisch-versilbertem Glas besteht, haben diesen Nebel in ungemein kleine Sterne aufgelöst und dem Ringe anhängende Filamente von Sternen gezeigt.

Hieher gehören wohl auch jene Nebel, die in ihrem Innern dunkle Stellen haben, welche Stellen Oeffnungen oder wahrscheinlich weniger sternreiche Parthien des Nebels sind.

AR = 188° 4′, *D* = — 10° 47′, in der Jungfrau. Ein heller, elliptisch gebauter Nebel, 5′ lang, ½′ breit. Der lichtere Kern scheint von dem eigentlichen Nebel gesondert zu liegen, da er von ihm durch eine dunkle Kluft getrennt ist. Ueber das ganze sonderbare Gebilde ist ein elliptisch geformter Nebel feinerer Art verbreitet.

AR = 268° 18′, *D* = — 23° 1′, im Schützen. Ein gabelförmig dreigespaltener Nebel (*trifid*) mit einem Doppelstern in seiner Hauptstelle, neben welchem eine dunkle, unregelmässige Oeffnung. Atlas Fig. 38.

Durch dunkle Stellen ausgezeichnet sind auch die beiden grossen Nebel bei ϑ Orion und ν Andromeda.

§. 232. (Zwitternebel.) Man wird schon bei der vorhergehenden Auf-

zählung der einzelnen Klassen von Nebeln bemerkt haben, dass einige von ihnen auf der Grenze von zwei benachbarten Gattungen stehen. In der That ist, bei einer so grossen Verschiedenheit der Formen, eine genaue Sonderung derselben beinahe unmöglich. Einen recht auffallenden Beweis dazu gibt der Nebel, *AR* = 98° 11′, *D* = + 10° 1′, im Kopfe des Einhorns oder unter den Füssen der Zwillinge. Dieser Gegenstand stellt sich dem Auge auf den ersten Blick als ein Nebelstern dar, als ein heller Stern der 5. Grösse in einen runden Nebel eingehüllt. Allein ein besseres Fernrohr und eine aufmerksamere Betrachtung des Gegenstandes zeigt noch 15 andere kleine und eine Anzahl noch viel feinerer Sterne, die alle von jenem Nebel umschlossen werden. Einer jener 15 Sterne ist zugleich ein Doppelstern. Dieser Himmelskörper ist also zugleich ein Nebel, ein Nebelstern, eine Sterngruppe und ein Doppelstern.

Ein anderer nicht minder räthselhafter Gegenstand ist *AR* = 312° 43′, *D* = + 29° 38′, im Fuchs, ein Nebel von nahe 30′ Länge und 20′ Breite. Einzelne Stellen des Nebels sind dicht mit sehr kleinen Sternen besäet; der Nebel hängt offenbar mit diesen Sternen zusammen und sieht doch durchaus nicht sternig aus. Das Ganze gleicht einem feinen Netze von Sternen, über das ein dünner Schleier gezogen ist.

Eine der merkwürdigsten Nebelgestalten ist *AR* = 298° 13′, *D* = + 22° 20′, im Fuchs. Wenn man in einer Ellipse, deren grosse und kleine Achse sich nahe wie 4 zu 3 verhalten, aus den beiden Brennpunkten der grossen Axe als aus Mittelpunkten Kreise zieht, deren Durchmesser gleich einem Drittheile der grossen Axe sind, so werden die Bogen dieser Kreise um den Mittelpunkt der Ellipse einen Theil derselben begrenzen, der in jenem Himmelskörper mit einem sehr hellen und durchaus gleichförmigen Nebel ausgefüllt ist, während die beiden übrigen äusseren Theile der Ellipse mit einem schwachen, matt dämmernden Nebel angefüllt sind. Das Ganze hat die Gestalt einer Ellipse, durch deren Mitte jener lichte Nebel in der Form eines)(zieht, wesshalb Herschel diesen Gegenstand *Dumbbell-Nebula* nannte. Beide Nebel fand dieser Beobachter, so wie das ganze Bild, zu beiden Seiten des Mittelpunktes der Ellipse sehr symmetrisch gebaut. Siehe Atlas d. g. H. Fig. 40. Rosse sieht den Nebel bedeutend unregelmässiger, und an den hellsten Stellen flockig. Atlas Fig. 41. Bringt man letztere Zeichnung (nach Rosse) in eine solche Entfernung vom Auge, dass das Detail verschwindet, so nähert sie sich immer mehr der vorhergehenden Abbildung nach Herschel d. j.

Nachdem wir auf diese Weise die verschiedenen Gattungen der Nebelmassen des Himmels nach ihren Gestalten im Allgemeinen betrachtet haben, ist uns noch übrig, einige vorzüglich merkwürdige einzeln anzuführen, die wegen ihrer besondern Wichtigkeit, eineeigene Betrachtung verdienen.

§. 233. (Crab-Nebula von Rosse.) Der *Crab-Nebula* genannte Gegenstand in *AR* = 81° 22′, *D* = + 21° 54′, im Stier, kann uns als Beispiel dienen, wie verschieden die Beschreibungen eines und desselben Gegenstandes sind, wenn er mit schwachen oder mit sehr lichtstarken Fernröhren beobachtet wurde. Messier, der die Gruppe mit einem sonst schon guten Fernrohre von 3½ Zoll Oeffnung zuffällig auffand, als er

den von de la Nux im Jahre 1758 entdeckten Kometen verfolgte, und dadurch veranlasst wurde, den ersten Nebelfleckkatalog anzulegen, sagt von ihr, dass sie ein sternleerer Nebelfleck sei, *nebuleuse sans étoiles*, der ihm rund und ziemlich hell erscheine. Der ältere Herschel aber, der diese Gruppe mit seinem zwanzigfüssigen Teleskope beobachtete, setzt ihr in seinem Tagebuche folgende Note bei. »Eine Gruppe von äusserst dicht gedrängten Sternen und einer der prachtvollsten Gegenstände, die ich je am Himmel gesehen habe. Ich sehe sie unter der Gestalt einer gediegenen Kugel, zusammengesetzt aus sehr kleinen, beinahe an einander liegenden Sternen, deren Glanz in einander fliesst und sich wie ein Lichtmeer über das Ganze ergiesst.« Der jüngere Herschel machte zwanzig Jahre später zu seiner Beobachtung derselben Gruppe eine ähnliche Bemerkung, und bildet sie ab wie Atlas d. g. H. Fig. 33, während Rosse von ihr sagt: »Ein ungemein schöner Gegenstand, die Sterne in ihm sind sehr klein von der 12. bis 20. Grösse und stehen sehr nahe an einander. Das Ganze ist mehr unregelmässig rund, als kugelartig, und der Rand desselben ist mit schwach beleuchteten auslaufenden Ansätzen versehen, die wie Füsse und Scheren eines Krebses von dem Hauptkörper austreten. Die Sterne in dieser Gruppe sind in der That unzählbar.« Seine Zeichnung zeigt Atlas d. g. H. Fig. 34. — Welche Beschreibungen dieser Himmelskörper haben unsere Nachkommen zu erwarten, wenn einmal ihre Fernröhre einen noch höhern Grad der Vervollkommnung erreichten!

§. 234. (Nebel in der Andromeda.) Dieser grosse und merkwürdige Nebel steht in $AR = 8^0\ 38'$, $D = +\ 40^0\ 27'$. Er wurde zuerst von Simon Marius im Jahre 1612 bemerkt, und hat die Gestalt eines Ovals, $2\frac{1}{2}^0$ lang, und 1^0 breit. Marius vergleicht, nicht unangemessen, sein Licht mit dem einer Kerze, das durch ein dünnes Hornblatt scheint. (Siehe Taf. X. Fig. 1). Man kann ihn schon mit unbewaffneten Augen bemerken. Bisher hielt man ihn für unauflöslich, aber endlich gelang es G. Bond in Cambridge (Vereinigte Staaten von Nordamerika) mit seinem Refraktor von $14\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung, eine Unzahl von sehr kleinen Sternchen, von denen bei 1500 deutlich erkannt werden konnten, in dem Nebel wahrzunehmen, so dass an dessen Auflösbarkeit nicht weiter zu zweifeln ist. Derselbe Beobachter bemerkte auch zwei merkwürdige, unter sich und dem längsten Durchmesser des Nebels parallele, sehr schmale schwarze Streifen, die wie Risse das Ganze durchziehen. Siehe Taf. X. Fig. 4. In der Nähe ist noch ein kleinerer Nebel bei $AR = 8^0\ 38'$, $D = +\ 40^0\ 3'$. Dieser so wie ein dritter benachbarter Fleck sind bei obigen Dimensionen mitbegriffen.

§. 235. (Der grosse Nebel im Orion.) Dieser merkwürdigste aller Nebel ist in $AR = 81^0\ 58'$, $D = -\ 5^0\ 30'$, bei ϑ Orion, vier Grade unter dem mittleren der drei in einer geraden Linie liegenden Sterne δ, ϵ und ζ, die unter dem Namen des Jakobsstabes bekannt sind. Er wurde zuerst von Huyghens im Jahre 1659 beschrieben und abgebildet. Spätere Beschreibungen und Zeichnungen desselben Gegenstandes haben wir von Derham, Godin, Mairan, Picard, Legentil und Messier. In den neueren Zeiten haben sich der jüngere Herschel, Bond, Liapunow, O. Struve u. a. vorzugsweise damit beschäftiget, und Zeichnungen dieses Nebels gegeben, die an Genauigkeit und Schönheit der Ausführung nichts zu wünschen übrig lassen. Taf. X. Fig. 5 ist eine Copie

von Bond's Abbildung des Nebels und so zu verstehen, dass oben Süd, rechts West liegt.

Dieser Nebel ist durch die Schönheit seines Anblicks, durch die Eigenthümlichkeit seiner Gestalt, durch die sonderbare Abwechslung des auf ihm vertheilten Lichtes, und durch seine grosse Ausbreitung (nahe die des Vollmondes) vor allen anderen ausgezeichnet. Legentil vergleicht seine Gestalt nicht unangemessen mit der des geöffneten Rachens eines Thiers. Ein Theil dieses Nebels ist ungemein hell, ein anderer sehr blass und matt, und wieder ein anderer ganz dunkel, bis zur völligen Schwärze. Der hellste Theil scheint nicht sowohl in einem stetigen Lichte zu glänzen, als vielmehr in beweglichen Flammen zu lodern. Die dunkeln Stellen sind von den hellen, ohne Abstufung des Lichtes, scharf getrennt. Die in diesem Nebel, selbst in den helleren Theilen desselben stehenden Fixsterne zeichnen sich alle durch einen besonders lebhaften Glanz aus, und ihre Stellung scheint eine besondere Beziehung auf den Nebel zu haben. Eben so findet man zur Seite dieses Nebels nach allen Seiten eine Menge grösserer und kleinerer Sterne, die sämmtlich nur in einem düstern Lichte schimmern und mit eigenen Nebelsphären umgeben sind, wie denn überhaupt diese ganze Gegend des Himmels an Nebeln ungemein reich ist.

Um einige der vorzüglichsten Theile dieses grossen Nebels näher anzugeben, bemerken wir zuerst das sogenannte Trapez (siehe oben §. 196), ein fast regelmässiges Viereck, von vier Sternen gebildet, von welchen der eine, ϑ Orion, der 4., und die drei anderen der 6., 7. und 8. Grösse sind. Dieser vielfache Stern ist von einem sehr hellen Nebel umgeben, der aber nicht bis zu diesen Sternen vordringt, sondern sich vielmehr von ihm nach allen Seiten zurückgezogen zu haben scheint, so dass dieses Trapez selbst, in seinen nächsten Grenzen, mit einer Dunkelheit eingeschlossen ist, auf welche dann erst jene helle Umgebung folgt. Eine ähnliche Erscheinung gab uns auch der bereits oben erwähnte Nebel im Schützen ($AR = 268^0\ 18'$, $D = -23^0\ 1'$, Atlas Fig. 38), der in drei, scheinbar leeren Raum einschliessende Theile gespalten ist, in dessen Mitte ein Doppelstern steht.

Die Huyghen'sche Region des Orionnebels liegt südwestlich vom Trapez; eine helle Stelle in der Form eines rechtwinkeligen Dreieckes. Die Erleuchtung dieser Stelle ist nicht gleichförmig, sondern schuppen- oder flockenartig, nahe wie die Oberfläche der Sonne in guten Fernröhren erscheint; nur ist in dem Nebel die Körnung gröber, und die Flocken sind nicht rund, sondern länglich und büschelartig. Ein geübtes Auge bemerkt bald, dass dieses Licht von vereinten, sehr weit entfernten Sternen kommen kann. Das Teleskop von Lord Rosse und der Refraktor in Cambridge (Nordamerika) lösen diesen Theil in Sterne auf. Wahrscheinlich besteht also der ganze Nebel aus Sternen, die nur eben in den weniger dichten Stellen nicht wahrnehmbar sind.

Die schwachneblige Region steht an der Südgrenze der vorigen; eine Stelle, ganz mit schwachem Nebel bedeckt, der sich stufenweise in Dunkel verliert. Nahe bei ihr sind drei Sternchen, die nach den früheren Beschreibungen ehedem noch ganz innerhalb dieses Nebels lagen, so dass es scheint, als habe der letzte sich auch von diesen Sternen zurückgezogen.

Legentil's Bucht, eine ganz finstere krumme Einbiegung, die in den früheren Zeichnungen eine andere Gestalt hatte als jetzt.

Messier's Arm, ein weit auslaufender Nebelast, der sich gegen Südwest erstreckt. Ein zweiter, kleiner Arm liegt nördlicher und geht gerade nach Westen.

Mairan's Nebel, ein abgesonderter Nebel neben dem grossen. Er liegt nördlich von den beiden Armen Messier's.

Picard's Region liegt nördlich vom Trapez und grenzt an dieses und an die grosse Bucht, zeichnet sich durch besondere Fasern und durch einen kleinen, nahe stehenden, isolirten Nebel aus, der sich in einen Stern zusammenzuziehen scheint.

Derham's Region, östlich vom Trapez. Von dem Trapez gehen Strahlen gleich Kometenschweifen aus, die sich allmählich in die zarte Nebelgegend verlieren, welche, noch weiter östlich, Fouchy's Region ausfüllt. In dieser letzten verwäscht sich der Nebel allmählich bis zur völligen Dunkelheit.

In der beigegebenen Zeichnung, diese als das Bild eines geöffneten Thierrachens betrachtet, und den nördlichen Theil des Nebels als den unteren angesehen, steht das Trapez dicht an dem durch die grosse Bucht gebildeten Rachen; die Huyghens'sche Region bildet die Stirne und den Hinterkopf; der letztere ist durch den Einschnitt, Legentil's Bucht, ausgezeichnet. Als untere Kinnlade des Rachens erscheint die Region Picard's, und gerade hinter dem Rachen liegt Derham's Region. Oberhalb des Rachens erstreckt sich der Schnabel des Thieres in zwei lange Rüssel weit nach Südwest vorwärts. Der obere oder grössere Rüssel ist stärker gekrümmt. Unterhalb des Schnabels endlich, in ziemlicher Entfernung von ihm, liegt Mairan's Nebel.

Es wurde schon früher (§. 212) erwähnt, dass unter den zahlreichen kleinen, im Nebel vorhandenen Sternen einzelne Veränderliche vorkommen, und dass einige Regionen in den älteren Zeichnungen anders geformt sind, als in den neueren. Daraus den Schluss zu ziehen, dass grosse Veränderungen im Nebel vor sich gehen, hat jedoch sein Missliches, weil nicht nur mit einer Aenderung der optischen Kraft des Fernrohres das Aussehen dieser Gebilde unglaublich wechselt, wie wir bei Besprechung der einzelnen Nebel mehrmals Gelegenheit hatten, hervorzuheben, sondern auch bei einem und demselben Fernrohre die Verschiedenheit in der Durchsichtigkeit der Luft einen merkwürdigen Einfluss ausübt. Doch ist es jetzt so ziemlich ausgemacht, dass in den letzten Jahren wirklich in diesem sonderbaren Nebel nicht ganz unbeträchtliche Aenderungen sich gezeigt haben, die wir jedoch nicht näher detailiren wollen, da sie nur mit den allerkräftigsten Fernröhren merkbar sind.

§. 236. (Sternhaufen und Nebelflecke des südlichen Himmels.) In den uns unsichtbaren Theilen der südlichen Hemisphäre des Himmels gibt es viele höchst merkwürdige Gegenstände dieser Art, die noch bis vor Kurzem wenig bei uns bekannt waren. Halley im siebenzehnten, Lacaille im vorigen, Dunlop und Rümker im gegenwärtigen Jahrhunderte hatten uns wohl mehrere derselben beschrieben, aber eigentlich beginnt unsere Kenntniss dieser Objekte, so wie überhaupt der Beschaffenheit des ganzen südlichen Himmels erst mit den staunenswerthen Arbeiten des jün-

geren Herschel. Mit einer Unermüdlichkeit und einer Umsicht, die in der Geschichte der Wissenschaften ihres Gleichen sucht, hat er während eines fünfjährigen Aufenthaltes (1834 — 1838) am Kap der guten Hoffnung eine Masse von Beobachtungen angestellt, die unsere Bekanntschaft mit diesem Theile des gestirnten Himmels sozusagen plötzlich nahe auf dieselbe Höhe brachte, die für den europäischen Himmel nur durch das vereinte Bemühen vieler Astronomen während mehrerer Decennien erreicht wurde. Sternhaufen und Nebelflecke allein hat er gegen 2000 genau registrirt, und von vielen derselben umfangreiche Monographien geliefert, aus denen wir hier Einiges mittheilen wollen.

Vor Allem kommen die Kap- oder Magellanswolken (*nubeculae*) zu erwähnen. Mit freiem Auge gesehen, stellen sich dieselben in Nächten ohne Mondschein, der die kleinere Wolke ganz, die grössere beinahe verschwinden macht, so dar, wie in Fig. 47 und 48 des Atlas zu sehen. Die grössere dehnt sich von 156° bis 162° nördlicher Poldistanz und von 70° bis 90° Rectascension aus; die kleinere erstreckt sich von 162° bis 165° Pold. und von 7° bis 18¾° *AR*. Jene nimmt also beiläufig 42, diese 10 Quadratgrade ein. Beide gleichen Theilen der Milchstrasse, von der sie übrigens weit ab und völlig getrennt liegen. Auf der östlichen Seite der grösseren Wolke sieht man einen auf der übrigen Nebelmasse durch grösseres Licht sich etwas abhebenden Fleck (bei *a* Fig. 47 d. A.); der kleinen Wolke westlich steht ein von dieser völlig isolirter Nebel (bei *b* Fig. 48 d. A.).

Mit dem Fernrohre untersucht zeigen diese Wolken eine äusserst verwickelte Zusammensetzung. Der allgemeine Grund von beiden besteht aus langen Streifen und Flecken Nebels in allen Stufen der Auflösung, vom unauflösbaren Lichte bis zu Sternhaufen und gleich vielen Stellen der Milchstrasse völlig unterscheidbaren Sternen. Diese Objekte stehen hier weit dichter, als an irgend einem anderen Theile des Himmels. Herschel zählt ausser etwa 600 Sternen von der 7. bis 10. Grösse nicht weniger als 278 Nebel und Sternhaufen in der grösseren Wolke, 50 bis 60 in der Nähe liegende und höchst wahrscheinlich zu ihr gehörige solcher Objekte nicht gerechnet; in der kleineren führt er 37 dieser Gegenstände auf mit 6 naheliegenden, und beiläufig 200 Sterne obiger Grösse. Der lichtere Fleck in der grösseren Wolke, den man mit freiem Auge bemerkt, stellt sich durch das Fernrohr gesehen als Nebel mit der in Fig. 49 des Atlas ersichtlichen merkwürdigen Gestalt dar, und enthält nicht weniger als 105 Sterne der 10. bis 17. Grösse auf einem Raume, der etwa $^1/_{500}$ der Fläche der ganzen Wolke beträgt. Der Nebel der kleineren Wolke zeigt sich durch das Fernrohr als sehr dichter Sternhaufen, etwa wie Fig. 10 des Atlas; blass rosenfarb, gegen 20′ im Durchmesser. Die Umgebung beider Wolken ist auffallend sternarm.

Eben so merkwürdig ist der grosse Nebel bei η Argus zwischen 158° 45′ und 160° 30′ *AR*, und von 148° 23′ bis 149° 31′ Poldistanz. Dieser Nebel ist nach Herschel's Beobachtung mit einem Spiegelteleskope von 18 Zoll Oeffnung in Fig. 39 des Atlas dargestellt. Er nimmt etwa einen Quadratgrad ein, und zeigt nirgends eine Spur von Auflösbarkeit, auch nicht um die merkwürdige ovale Oeffnung, wo er am dichtesten ist. Er liegt in einer sehr reichen und glänzenden Stelle der Milchstrasse, die hier so dicht mit (in der Abbildung grösstentheils

weggelassenen) Sternen besäet ist, dass sich beiläufig auf der halben Fläche des Nebels nicht weniger als 1200 Sterne von der 1. bis 17. Grösse befinden, die aber weiter in keinem Zusammenhange mit dem Nebel gedacht werden dürfen, und eben nur zufällig auf dem Nebel als Hintergrund liegenden Theilen der Milchstrasse angehören. Ohne diesen lichten Hintergrund zeigen sich in jener Gegend der Milchstrasse noch weit mehr Sterne, nämlich im Durchschnitte über 3000 auf einem Quadratgrad. Man sieht also hier gleichsam durch die Milchstrasse und jenseits derselben über einen sternlosen Raum weg in Welten, die von unserem Sternsysteme ganz getrennt sind. — Den Nebel im Eridanus (AR = 61° 27′, D = — 33° 16′ Fig. 50 des Atlas) erklärt Herschel desshalb für charakteristisch, weil bei elliptischem Umrisse der innere, dichtere Theil sich immer mehr der Kreisform nähert. Zählt man die kugelförmigen Nebel mit ähnlichem Erscheinen dazu, und nimmt man einen sternartigen Kern eben nur als äusserste Grenze der Verdichtung an, so gehören nach Herschel neun Zehntel aller Nebelflecken zu dieser Klasse.

Noch wollen wir zweier merkwürdiger Sternhaufen des südlichen Himmels Erwähnung thun. Den ersten, ω Centaur (AR = 199° 28′, D = — 46° 42′) erklärt Herschel für den augenfälligsten Himmelskörper seiner Art. Dem freien Auge stellt sich derselbe als ein nebeliges, rundes Objekt im Glanze eines Sternes 4. bis 5. Grösse dar. In einem mächtigen Fernrohre zeigt er sich als eine Kugel von 20′ Durchmesser, gegen die Mitte langsam an Licht zunehmend, von unzähligen Sternen der 13. und 15. Grösse gebildet, beiläufig wie Fig. 8 des Atlas, nur regelmässiger im Umrisse. Der zweite, $\varkappa$ Kreuz (AR = 191° 14′, D = — 59° 34′), wurde von Lacaille für einen Nebel gehalten, löst sich aber in stärkeren Teleskopen völlig auf. In einer Ausdehnung von beiläufig 1/48 Quadratgrad zeigen sich etwa 110 Sterne von der 7. bis 16. Grösse, von denen acht der auffallenderen in rother, grüner und blauer Farbe glänzen, so dass das Ganze den Anblick eines reichen Geschmeides bietet.

§. 237. (Eigenbewegung und Veränderlichkeit dieser Himmelskörper.) Die Kenntniss der Nebelflecken ist noch viel zu neu, als dass wir bei den Schwierigkeiten, mit welchen deren Beobachtung verknüpft ist, schon jetzt mit Sicherheit die Frage beantworten könnten, ob sie wie die Fixsterne eine Eigenbewegung zeigen oder nicht. Wir können gegenwärtig nur behaupten, dass diese Gebilde starke Eigenbewegungen sicher nicht besitzen. Diess Resultat war übrigens auch von vornherein zu erwarten, da, wie wir wissen, ein grosser Theil der Nebelflecke durch Anwendung kräftiger Fernröhre in Sternhaufen sich auflöst, und wir sie aus diesem Grunde als die entferntesten uns noch sichtbaren Bewohner des Himmelsraumes betrachten müssen. Wenn sie daher auch Eigenbewegungen besitzen, was wohl nicht zu bezweifeln ist, werden uns dieselben wegen der ungeheueren Entfernung, aus der wir sie erblicken, doch so klein erscheinen, dass sie erst im Laufe vieler Jahrhunderte merkbar werden können, um so mehr, als bei den Ortsbestimmungen der Nebelflecke wegen ihrer Ausdehnung und ihres meist verwaschenen Aussehens nicht jene Genauigkeit erreichbar ist, deren sich die Ortsbestimmungen der Fixsterne erfreuen.

Es wurde früher (§. 227) erwähnt, dass so wie Doppelsterne auch

Doppelnebel vorkommen, und zwar in weit grösserer Zahl, als man optische Doppelnebel zu erwarten berechtigt ist. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass auch die Mehrzahl dieser Himmelskörper physisch verbunden ist, und dann drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob bei ihnen nicht Umlaufsbewegungen bemerkt werden. Solche sind vorläufig mit Sicherheit noch nicht nachweisbar, da man das Augenmerk erst zu kurze Zeit darauf gerichtet hat; indess hat erst jüngst d'Arrest auf einen eigenthümlichen Fall aufmerksam gemacht, bei welchem starke Andeutungen hiefür vorliegen. Bei dem §. 227 angeführten Doppelnebel in den Zwillingen, *AR* = 190° 1', *D* = + 29° 47', war nämlich:

die Distanz beider Nebel		der Positionswinkel	
1785	60″	?	nach W. Herschel.
1827	45″	45°	» J. Herschel.
1862	28″	56°.5	» d'Arrest.

Zugleich müssen wir eine andere interessante Entdeckung der Neuzeit erwähnen, nämlich die Veränderlichkeit der Nebel. Ausser den schon erwähnten Aenderungen, welche im Orionnebel vor sich gehen (235), liegen jetzt mehrere Beispiele vor, in denen früher recht helle Nebel nach und nach immer schwächer wurden, bis sie selbst den stärksten Fernröhren verschwanden, oder wenigstens für dieselben die schwierigsten Objekte wurden. Mit Uebergehung mehrerer anderer Nebel, welche höchst wahrscheinlich Helligkeitsänderungen, aber in geringerem Grade aufweisen, führen wir hier folgende als in dieser Beziehung besonders merkwürdig an:

AR = 50° 1', *D* = + 30° 52', im Stier. Wurde in Bonn mit einem Kometensucher von 34‴ Oeffnung entdeckt, und unabhängig davon im Jahre 1859 von Tuttle als schwacher Nebel für ein dreizölliges Fernrohr gefunden, während er im Jahre 1862 nur mit Mühe im 16-füssigen, ausgezeichneten Kopenhagener Refraktor gesehen werden konnte.

AR = 54° 21', *D* = + 23° 23', in den Plejaden, nahe bei Merope. Sonderbarerweise erst 1859 von Tempel in Venedig aufgefunden, und nach der Beschreibung des Entdeckers damals einem schönen grossen Kometen gleich. Im Jahre 1860 konnte er von Peters und Pape in Altona nur mehr mit Mühe im 6-füssigen Fernrohre des Aequatoriales jener Sternwarte gesehen werden, und jetzt ist er, selbst für die grössten Refraktoren, wenn überhaupt sichtbar, so eines der schwierigsten Objekte.

AR = 63° 18', *D* = + 19° 10', bei den Hyaden. Dieser Nebel wurde im Oktober 1852 von Hind entdeckt, im Jahre 1855 und 1856 von d'Arrest in Leipzig sogar bei Mondschein mit einem 6-füssigen Fernrohre beobachtet, nahm dann aber an Helligkeit ab, war im Oktober 1861 im grossen 16-füssigen Refraktor zu Kopenhagen unsichtbar, und im Jahre 1862 allen Fernröhren, selbst dem von Lassell in Malta aufgestellten Spiegelteleskope von 4 Fuss Oeffnung und 37 Fuss Länge verschwunden, den Pulkowaer Refraktor allein ausgenommen, in welchem er noch sichtbar blieb. Merkwürdig hierbei ist, dass die Lichtabnahme des Nebels mit der Licht-

abnahme eines Sternes zusammenfiel, der den Nebel früher fast berührte, und vom Jahre 1852 bis 1862 allmählich von der 9. 10. bis zur 13. 14. Grösse herabsank.

Ob nun diese Nebel, ebenso wie die veränderlichen Sterne einen periodischen Lichtwechsel zeigen, oder ob sie in die Kategorie solcher Gebilde, wie die neuen und wiederverschwundenen Sterne gehören, werden uns wohl die nächsten Jahre lehren. Hervorzuheben ist jedoch noch, dass die bei dem letzten Nebel erwähnte Verbindung von Nebelflecken mit veränderlichen Sternen keineswegs vereinzelt dasteht, sondern nachgerade schon so häufig constatirt ist, dass man den Nexus kaum mehr für einen zufälligen halten kann; denn von den Veränderlichen im Orionnebel ganz abgesehen, liegen η Argus (Verzeichniss der Veränderlichen §. 212. Nro. 42) und *R* Einhorn (Nro. 24) in der Mitte von Nebelflecken, und auch der neue Stern von Auwers (§. 214) trat mitten in einem solchen auf.

§. 238. (Natur der Nebelflecke.) Die meisten dieser wundervollen Gebilde sind so lichtschwach und befinden sich in so grossen Fernen von uns, dass sie weit ausser dem Bereiche unserer eigentlichen Beobachtung liegen, indem selbst Herschel's mächtige Fernröhre für viele derselben so schwach waren, dass man wenig mehr als ihre Existenz nachweisen konnte. Wie begründet dieser Ausspruch sei, zeigen am besten die Untersuchungen von Rosse, welche uns nicht nur mit einer neuen, ausgedehnten Klasse solcher Weltkörper, mit den spiralförmigen Nebeln bekannt machten, sondern auch unsere Vorstellungen über die Constitution der übrigen Nebel theilweise von Grund aus umgestalteten, indem sie z. B. die planetarischen Nebel (§. 228) in ringförmige (§. 231) überführten, und die Nebelsterne (§. 229) in Sternhaufen mit sehr starker centraler Verdichtung verwandelten. Es ist unter diesen Umständen nicht räthlich, jetzt schon aus den Gestalten, unter welchen uns diese Gegenstände erscheinen, eine Kette von Hypothesen über die Natur derselben aufzustellen, da wir nicht wissen können, was für unerwartete, vielleicht ganz ungeahnte Umformungen eine abermalige Vergrösserung der optischen Kraft unserer Fernröhre an ihnen bewirken wird.

Herschel d. ä. glaubte aus seinen Wahrnehmungen sich zu dem Schlusse berechtigt, dass nicht alle Nebelflecke Sternhaufen seien, sondern dass wir in einem Theile derselben noch Urmaterie auf verschiedenen Stufen ihres Wachsthumes und ihrer Ausbildung erblicken. Er versuchte auch in den einzelnen Klassen von Nebeln die verschiedenen auf einander folgenden Metamorphosen zu verfolgen, durch welche aus dem formlosen, weit verbreiteten Urnebel nach und nach die Himmelskörper bis zur letzten und höchsten Stufe sich ausbilden, bis zu dem eigentlichen, abgerundeten, nebellosen, im reinsten Lichte strahlenden Sterne, ja bis zu jenen herrlichen Gruppen, wo Tausende von diesen vollendeten Sternen, in einem verhältnissmässig eng abgeschlossenen Raume sich in ewig ungestörter Harmonie um einander bewegen. In dem blassen, über weite Strecken ausgedehnten formlosen Nebeln (§. 224) glaubte er den chaotischen Urstoff zu erblicken, welcher sich nach und nach durch die Anziehung überwiegender Stellen desselben in einzelne Theile trennt, deren Gestalt zwar noch unbestimmt, deren Licht aber schon kräftiger erscheint (Nebel des §. 225). Wenn dann in diesen kleinen Nebeln, die man, ihrem Ursprunge gemäss, in ganzen,

grossen Lagern beisammen findet, die Condensation einzelner Punkte und die Anziehung der benachbarten Nebelmassen weiter fortgeschritten ist, finden wir diese isolirten Nebel schon kleiner, von ihren Nachbarn durch grössere Zwischenräume getrennt (§. 228) und in noch späteren Stadien ihrer Entwicklung bereits gegen ihren Mittelpunkt allmählich an Helligkeit zunehmend. Hier hat sich die Lichtmasse des Ganzen bereits um eine Centralstelle angehäuft, aber diese Stelle selbst ist immer noch Nebel, ausgebreiteter und an seinen Grenzen unbestimmter Nebel (§. 226). Wieder andere, die viele Jahrtausende in ihrer Bildung jenen bereits voraus geeilt sein mögen, haben sich schon zu einer nahe kugelförmigen Gestalt abgerundet, und ihr mehr verdichteter, daher kleinerer und hellerer Mittelpunkt nähert sich bereits dem eigentlichen Sternenlichte, aber dieser Kern ist doch noch mit einer dichten Atmosphäre umgeben, die bisher noch nicht von jenem Centralpunkte aufgenommen und absorbirt werden konnte (§. 229). In anderen Fällen sieht man zwei und selbst mehrere solcher vorherrschenden Stellen, welche sich das Gleichgewicht halten, welche die sie umgebende Nebelmasse unter sich theilen, oder auch vielleicht in einander übergehen werden. Hier sind zwei dieser im Kampfe begriffenen Streiter noch durch ein Nebelband mit einander verbunden, durch welches, wie durch einen Kanal, der Schwächere in den mächtigen Gegner hinüber zu fliessen scheint; dort ist jener bereits vernichtet, aber dieser, der Sieger, trägt noch die Spuren seines langen Kampfes und zieht den noch nicht völlig aufgezehrten Nebel in der Gestalt eines Schweifes, eines Fächers oder einer Spindel nach sich u. s. f.

So wahrscheinlich nun auch diese Theorie scheinen mag, und so gewiss es auch ist, dass die Sternenheere ebenso wenig wie alle Werke der Natur plötzlich in derselben Gestalt entstanden, in welcher wir sie jetzt vor uns sehen, sondern im Gegentheile viele Millionen von Jahren werden nöthig gehabt haben, um sich zu bestimmten und geregelten Formen zu erheben, haben dennoch die neueren mit kräftigeren Hülfsmitteln angestellten Forschungen das Unhaltbare derselben nachgewiesen, indem sie viele von Herschel's typischen Nebelgestalten in Sternhaufen auflösten. Ueberhaupt hat jede Vergrösserung der optischen Kraft unserer Fernröhre die Zahl der Nebel, die sich nicht in Sterne auflösen lassen, vermindert, und es scheint demnach die Vermuthung gerechtfertigt, dass sämmtliche Nebel zu Sterngruppen würden, könnte man nur hinreichend starke Fernröhre in Anwendung bringen.

Indess hat man in neueren Zeiten auf einige Schwierigkeiten hingewiesen, welche sich dieser Ansicht entgegenstellen. Man hat nämlich die Spektralanalyse [*II* §. 9] auch auf die Nebelflecken angewendet, und dabei das überraschende Resultat gefunden, dass das Spektrum einzelner derselben, nicht wie das der Sonne und Fixsterne ein continuirliches, nur durch mehr oder weniger zahlreiche dunkle Linien unterbrochen ist, sondern dass es im Ganzen bloss aus zwei oder drei isolirten hellen Linien besteht, d. h. jene Form aufweist, welche das Spektrum glühender Gase besitzt. Diese Thatsache können wir jedoch nicht für einen unwiderleglichen Beweis halten, dass die betreffenden Nebel nicht ein Conglomerat von Sternen seien. Es ist nämlich das Spektrum dieser Gebilde stets so schwach, dass wir möglicherweise nur die helleren Theile desselben sehen, während die anderen uns eben wegen ihrer Lichtschwäche unsichtbar bleiben, dass daher die Aehnlichkeit des Spektrums mit dem

glühender Gase nur eine scheinbare ist, bedingt durch die Unvollkommenheit unserer Hülfsmittel. Dafür spricht unter andern auch der Umstand, dass Secchi bei dem zweifellos in Sterne aufgelösten Nebelfleck in der Hyder *AR* = 154° 17′, Decl. = — 17° 54′, ebenfalls nur ein aus einzelnen hellen Linien bestehendes Spektrum erhielt.

Obwohl daher die Spektralanalyse in ihrem jetzigen Zustande die Frage, ob sämmtliche Nebelflecke als Sternhaufen zu betrachten seien, nicht mit Sicherheit zur Entscheidung bringen kann, kann diess vielleicht schon in naher Zukunft die beobachtete Veränderlichkeit dieser Gebilde (§. 236). Sollte es nämlich nachgewiesen werden, dass diese Veränderungen periodische, regelmässig wiederkehrende sind, dann ist damit wohl der Beweis hergestellt, dass diese Nebel wenigstens keine Fixsternconglomerate seien, da es doch undenkbar ist, dass die Leuchtkraft aller, oder doch der Mehrzahl der vielen tausend durch ungeheuere Entfernungen von einander getrennten Sterne einer Gruppe gleichzeitig zu- und abnehmen. Bis jetzt ist aber die Periodicität dieser Erscheinung noch nicht nachgewiesen, und es verdient insbesondere der Umstand Berücksichtigung, dass die drei bisher bekannten veränderlichen Nebel innerhalb eines engen Raumes sich befinden. Wohl ist es noch zu früh, Folgerungen daraus zu ziehen, doch ruft uns diese Thatsache, die einst von W. Herschel geäusserte Meinung ins Gedächtniss zurück, dass derartige temporäre Aenderungen möglicherweise auch durch Dazwischentreten einer nicht selbstleuchtenden Materie zwischen uns und diese Gebilde bewirkt werden könnten.

Aber genug, und vielleicht schon mehr als genug von diesen Gegenständen, von welchen wir — warum sollten wir es nicht gestehen? — eigentlich gar keine Kenntniss haben, da sie viel zu gross und viel zu weit von uns entfernt sind, um von uns untersucht oder auch nur begriffen werden zu können. In der That, wie klein, wie nichtig muss uns das Alles erscheinen, was wir bisher etwa gross genannt haben, wenn wir es mit jenen bewunderungswürdigen und unbegreiflichen Gebilden in Vergleichung bringen wollen. Wir selbst, die grössten und mächtigsten von uns, verschwinden gegen unseren gemeinschaftlichen Wohnort, gegen die ganze Erde: diese Erde verschwindet wieder gegen das Sonnensystem, gegen diese zahllose Welt von Erden, und dieses Sonnensystem — was ist es gegen jene unendliche Menge von Weltsystemen einer noch viel höheren Ordnung, welche den grenzenlosen Raum des Himmels erfüllen.

Wir haben diesen Himmel und seine Wunder, und in ihnen den Abglanz der unendlichen Allmacht des Schöpfers in seinen Werken gesehen. Aber vermessen wir uns nicht, diese Werke auch schon nach ihrer ganzen Grösse erkannt zu haben. Was wir sahen, so gross es auch erscheinen mag, ist doch vielleicht nur ein sehr kleiner Theil von dem, was noch keinem menschlichen Auge erreichbar war; ist nur der Vorhof des unendlichen Tempels der Natur, den noch kein Sterblicher, auch nicht mit den höchsten Mitteln der Kunst und Wissenschaft, durchdrungen hat, oder je durchdringen wird. Wer mag uns sagen, wie viele Welten noch jenseits von denen stehen, die wir, selbst durch unsere stärksten Teleskope, nur mehr als schwache, dämmernde Wolken

erblicken? Das Licht braucht, seiner entsetzlichen Geschwindigkeit ungeachtet, Jahrtausende, um von einzelnen Gestirnen bis zu uns zu kommen, und vielleicht konnte es von vielen derselben seit der Zeit, die unsere Erde steht, noch nicht bis zu uns gelangen. Wer weiss es, ob auch nur zu Alexander's oder Moses' Zeiten dort oben alles so gewesen ist, wie wir jetzt es sehen, oder ob nicht vielleicht, nach anderen Jahrtausenden, der ganze Himmel sich mit neuen Sonnen überziehen wird, die zwar schon längst da waren, aber die noch nicht Zeit gehabt haben, uns ihr Licht zuzuschicken, so wie vielleicht im Gegentheile andere Systeme eben so lange schon erloschen und in ihr Nichts zurückgekehrt sind, obgleich wir sie noch immer am Himmel glänzen sehen, bis endlich auch der letzte Strahl, den sie ausgesendet haben, zu uns gelangen wird? So sehen wir, wohin wir unsere Blicke wenden, Himmelskörper ohne Zahl, und selbst in jenen Fernen, wohin unsere Fernröhre nicht mehr dringen, selbst dort, wo alles Licht erlischt, wo auch das schärfste Auge nichts als Nacht erblicken würde — auch dort noch öffnen sich andere, eben so unabsehbare Räume, und auch diese sind wieder von neuen Welten erfüllt.

Bientôt à mes regards des cieux inconnus s'ouvrent,
Des régions sans fin devant moi se découvrent;
Carrière illimitée où, par les mêmes lois,
Mille Univers flottans se meuvent à la fois.
Je vois de touts côtés, dans ces plaines profondes
Autour d'autres soleils, graviter d'autres mondes,
Et lorsque, pour peupler les espaces deserts,
Je suis las, d'enfanter de nouveaux univers,
Le Vide encore s'étend et, dans son sein immense,
Par-delà l'Infini, l'Infini recommence.

Lebrun.

Dritter Theil.

Physische Astronomie.

Dritte Abtheilung.

Physische Astronomie

oder

Gesetze der himmlischen Bewegungen.

Kapitel I.

Anziehungskräfte.

§. 1. (Allgemeine Eigenschaften der Körper.) Wohin wir unsere Blicke auch wenden, überall finden wir uns von Dingen umgeben, die auf unsere Sinne einwirken nnd die wir Körper nennen. Was sind sie, woher kommen und worin bestehen sie, und wie werden wir uns ihres Daseins bewusst? — Die Metaphysiker haben sich lange darüber gestritten: sie streiten noch, sie werden es wahrscheinlich immer thun.

Unsere ersten Begriffe von den Körpern führen uns auf Eigenschaften derselben, die ihnen allen zukommen, an denen wir sie erkennen und ohne die wir sie uns nicht zu denken vermögen. Diese sind Grösse, Gestalt und Undurchdringlichkeit.

Jeder Körper nimmt einen bestimmten Raum ein oder hat ein gewisses Volum, wie gross oder wie klein auch dasselbe sein mag. Darin besteht seine Grösse. — Jeder Körper nimmt ferner diesen seinen Raum auf eine bestimmte Art ein, und ist von dem übrigen Raume durch gewisse Grenzen oder Flächen getrennt, worin seine Form oder seine Gestalt besteht. Endlich können auch zwei oder mehrere Körper nicht zugleich an demselben Orte sein. Sie können wohl verdrängen, um die Orte der verdrängten einzunehmen; sie können sich neben den kleinsten Theilen anderer Körper eindrängen, wie Wasser in den Schwamm, wie Salz in das Wasser; aber diese kleinsten Theile selbst bestehen unverändert fort, und der Ort, den einer dieser Theile einnimmt, kann nicht zugleich von einem andern eingenommen werden, wenn anders

unser Begriff vom Körper nicht seine Bedeutung verlieren soll. Darin besteht die Undurchdringlichkeit oder die Impenetrabilität der Körper.

§. 2. (Bewegung der Körper; Anziehung und Abstossung derselben.) Ausser diesen, allen Körpern gemeinsamen Eigenschaften bemerken wir aber noch eine andere, die in ganz besonderem Grade unsere nähere Betrachtung verdient. Wir sehen, dass beinahe alle diese Körper und selbst die Theile, aus welchen sie bestehen, ihre Lage gegen einander ändern, oder dass sie sich bewegen. In diesen Körpern selbst können wir aber nichts finden, was diese Bewegung erzeugen sollte. Wir sind daher gezwungen, die Ursache derselben ausser ihnen zu suchen. In den thierischen, belebten Körpern scheint wohl etwas zu liegen, das eine Bewegung derselben hervorbringt, aber diese dem Willen des Thieres gehorchende Bewegung seiner Glieder kann nicht in diesen Gliedern selbst oder in irgend einem andern Theile des Körpers gesucht werden, da wir sie im Schlafe, und noch mehr nach dem Tode des Thieres, nicht mehr finden, wenn gleich der ganze Körper durch diesen Tod noch keine merkbare Veränderung in der Zusammenfügung seiner Theile erlitten hat. Diese freiwillige Bewegung der lebenden Geschöpfe scheint daher auch hier keineswegs eine Wirkung der an sich todten Materie selbst, sondern vielmehr ein Resultat des diese Materie belebenden und von ihr ganz verschiedenen Wesens zu sein, dessen Natur für uns noch in tiefes Dunkel gehüllt ist.

Was ist es also, das zwei Wassertropfen einander nähert; das Eisen dem Magnete entgegenführt; den Stein, den wir aus der Hand fallen lassen, zur Erde sinken macht; die Planeten um die Sonne und die Satelliten um ihre Hauptplaneten treibt? — Wir wissen es nicht. Wir sehen, dass sich die Körper bewegen, und da wir die Ursache dieser Bewegung nicht in den Körpern selbst voraussetzen können, so suchen wir sie ausser ihnen, in den andern Körpern, zu oder von denen sich jene bewegen. Wir sagen, dass diese Körper gegen jene eine Anziehung oder Abstossung äussern. So kommt es uns vor, und diese beiden Ausdrücke sind auch nichts weiter, als das Bild, welches wir uns von jenen Erscheinungen entwerfen. Ob es aber auch in der That der Natur gemäss sei, sind wir nicht im Stande zu entscheiden. Wenn wir sagen, der Magnet zieht das Eisen an, so heisst diess nur, dass diese beiden Körper, wenn sie sich begegnen, einander näher kommen, und wenn sie sich berühren, an einander fest halten, so dass ein gewisser Widerstand überwunden werden muss, um sie zu trennen. Ob aber die Ursache dieser Annäherung, ob der eigentliche Sitz dieser Anziehung in dem Magnet, oder in dem Eisen, oder ob er in einem diese beiden Körper umgebenden Medium sei, diess ist uns eben so unbekannt als die Art, wie die Anziehung beider Körper bewirkt werden mag. Die Wirkung allein ist es, die wir kennen, weil wir von ihrem Dasein, von ihrer Grösse und von ihren Modifikationen unmittelbar durch unsere Sinne belehrt werden. Aus diesen Wirkungen schliessen wir, dass es ein allgemeines, alle Körper der Natur umschlingendes, obgleich uns unsichtbares Band geben muss, welches nicht nur diese Körper, sondern auch die kleinsten Theile eines jeden einzelnen Körpers unter sich verbindet, und ohne welches jeder Körper, jedes Atom des Körpers, eine Welt für sich ausmachen würde, ohne Zusammenhang und Wechselwir-

kung auf andere. Dieses magische Band, dieses räthselhafte Wesen, das da macht, dass jedes Atom der Materie, dass jeder Körper alle anderen an sich zu ziehen sucht, nennen wir, obschon wir dasselbe nicht weiter kennen, der Kürze wegen, die Kraft dieses Körpers, nicht sowohl, um dadurch die Sache selbst als vielmehr nur die uns sichtbare Wirkung derselben zu bezeichnen. Wir bemerken eben so wenig den unsichtbaren Faden, der den fallenden Stein zur Erde herabzieht, als wir das Seil bemerken, an welchem sich die Erde um die Sonne, oder der Mond um die Erde schwingt, und wir wissen eben so wenig von dem, was ein Körper, was Materie überhaupt ist, als wir einsehen, wie diese Körper auf einander wirken oder sich gegenseitig in Bewegung setzen können. Wir wollen uns daher begnügen, die Wirkungen dieser Ursachen näher kennen zu lernen und durch diese Kenntnisse auf dem Wege reiner und vorurtheilsfreier Beobachtungen so viel von den Geheimnissen der Natur zu erforschen, als sie eben den menschlichen Geisteskräften zu gönnen für gut gefunden hat.

§. 3. (Molecular- und allgemeine Anziehung der Körper.) Zuvörderst wollen wir bemerken, dass die Kräfte, mit welchen die Körper auf einander wirken, zweierlei wesentlich von einander verschiedener Art zu sein scheinen. Die einen wirken nur zwischen den kleinsten Atomen eines und desselben Körpers. Ihr Wirkungskreis ist daher, in Beziehung auf dessen Ausdehnung im Raume, sehr beschränkt, und sie erzeugen dadurch das, was wir Zusammenhang, Festigkeit und Dichte dieser Körper nennen. Die anderen aber wirken von einem Körper zum andern, selbst auf sehr grosse Entfernungen, und diese sind es, welche die Bewegungen dieser Körper um und gegen einander, auf der Oberfläche unserer Erde sowohl, als auch in jenen Höhen über uns hervorbringen. Jene Kräfte nennt man die **Molecular-Anziehung**, während diese die **allgemeine Attraction** oder auch die allgemeine **Schwere**, **Gravitation** genannt wird.

§. 4. (Nähere Betrachtung der Molecularkräfte.) Die Molecularkräfte sind uns, selbst in ihren Wirkungen, noch sehr wenig bekannt, aber ihr Dasein ist darum nicht weniger gewiss, da wir, ohne sie, die uns von allen Seiten umgebende Welt nicht so sehen könnten, wie sie uns in der That erscheint. Wenn diese Kräfte nicht existirten, so würde die ganze Natur nur ein verworrenes Aggregat unter einander geworfener Atome, einem Sandhaufen ähnlich sein, ohne Gestalt, Zusammenhang und Bewegung. Es würde keine festen, keine flüssigen, keine luftförmigen Körper mehr geben; Licht und Wärme würden nicht mehr die wundervollen Wirkungen auf dieselben hervorbringen; alle organischen Wesen und das Leben selbst, so weit es diese Wesen beseelt, würden aus der Natur verschwinden. Die einzelnen Elemente jenes chaotischen Haufens würden in keiner weiteren Beziehung zu einander stehen, ihren einmal eingenommenen Ort nicht mehr ändern, und an die Stelle des regen Lebens und der immerwährenden Bewegung, die wir jetzt in allen Theilen der Natur bewundern, würde eine öde, allgemeine Ruhe und die Stille des Grabes treten.

Wenn wir daher auch die Art, auf welche diese Kräfte wirken, nicht näher angeben können, wie wir es wohl bei der Kraft der allgemeinen Schwere im Stande sind, so sind wir dessen ungeachtet von der Existenz derselben nicht weniger überzeugt. Jede Gegend, jeder Punkt

des Himmels und der Erde kann als ein Beweis für das Dasein dieser Kräfte dienen, und die ganze materielle Welt selbst ist nur ein grosses Resultat der Wirkungen, welche durch diese Kräfte erzeugt werden.

Wir wissen, dass jeder Körper aus Atomen besteht, und dass diese Atome durch Zwischenräume (Poren) von einander getrennt sind. Wir kennen weder die Dimension dieser Atome, noch die ihrer Zwischenräume, aber wir wissen, dass beide ungemein klein sein müssen, und dass wahrscheinlich die Atome noch viel kleiner sind, als ihre Entfernungen von einander. Ja, es ist möglich, dass bei vielen Körpern das Verhältniss der Grösse der Atome zu ihren Zwischenräumen demjenigen gleich kommt, das wir bei den Planeten unseres Sonnensystems und den Räumen bemerken, die sie von einander trennen. Ohne Zweifel wirken die Kräfte, welche diese Atome gegen einander ausüben, nur auf die kleinen Distanzen ihrer Zwischenräume und sind in grösseren Entfernungen ganz unmerklich. Auch müssen sie nicht bloss anziehende, sondern auch abstossende Kräfte sein, indem jene die Cohäsion und diese den Widerstand der Körper bewirken, den sie alle, wie wir wissen, ihrer Compression entgegen setzen, während beide zusammen vielleicht diejenigen Wirkungen hervorbringen, die wir durch die Benennung der Affinität und der chemischen Erscheinungen zu bezeichnen pflegen. Es scheint, dass die abstossende Kraft der Atome in der nächsten Umgegend derselben, die anziehende aber erst in etwas grösseren Entfernungen von ihnen wirksam ist. Daher widerstehen, bei den festen Körpern, die Atome derselben sowohl der Trennung, als der Compression, und man muss oft bedeutende Kräfte anwenden, sie zu brechen, oder auch sie in einen kleineren Raum zusammenpressen. Die Intensität dieser anziehenden Kraft scheint bei allen den Körpern, die wir hart und brüchig nennen, oft sehr gross zu sein, wenn gleich der Durchmesser ihrer Wirkungssphäre ungemein klein ist. Diess ist z. B. der Fall bei gewöhnlichem Gusseisen, bei mehreren Steinen und anderen Substanzen, die man mit keiner Gewalt strecken oder ausdehnen kann. Bei dem Blei und bei anderen weichen Metallen scheint diese Intensität der Attraktion viel geringer und dafür die Wirkungssphäre derselben bedeutend grösser zu sein.

Bei flüssigen Körpern aber ist das Gewicht der einzelnen Elemente, aus welchen sie bestehen, viel grösser, als der gegenseitige Zusammenhang derselben durch die Molecularkraft. Wenn daher ein solcher Körper an seinen Grenzen nicht eingeschlossen wird, so trennen sich die Theile desselben, oder sie fliessen aus einander. Wird er aber in einem Gefässe festgehalten, so setzt er sich durch dieses Gewicht seiner Elemente in dem untersten Theile des Gefässes fest, dessen Raum er durchaus gleichförmig erfüllt. Auch ein fester Körper, in dasselbe Gefäss gebracht, würde durch das Gewicht seiner Elemente dasselbe thun, wenn er nicht durch die stärkere Cohäsion dieser Elemente daran gehindert würde. Obschon aber bei den festen Körpern diese Attraktion der Atome viel grösser ist, als bei den flüssigen, so ist sie doch auch bei den letztern noch bedeutend grösser, als bei den luftförmigen Körpern. Wenn das Wasser erwärmt wird, so löst es sich in noch viel kleinere und noch viel weiter von einander getrennte Theile auf, die in der Gestalt von Dünsten sich in die Atmosphäre erheben, und wenn dann diesen Dünsten ihre höhere Temperatur wieder entzogen wird, so tritt die

frühere Cohäsionskraft wieder ein, welche die zerstreuten Theile des Dunstes in runde Tropfen sammelt und sie in ihrer früheren Gestalt, als Wasser, wieder der Erde zuführt. Wenn Flüssigkeiten in grösseren Höhen, z. B. von einer Thurmspitze ausgegossen werden, so fallen sie nicht in ganzen Massen, sondern wie Sand oder Staub, in runden, abgesonderten Tropfen herab, die desto grösser sind, je grösser die Cohäsionskraft der Flüssigkeit ist. So fällt Oel in grossen, Aether und Alkohol aber in sehr kleinen Tropfen zur Erde. Die Regentropfen, die an der Aussenseite unseres Fensterglases einander näher kommen, vereinigen sich und laufen in einander, so wie Quecksilbertropfen, die einander auf einer horizontalen Glastafel begegnen, zum Zeichen, dass sie von einander angezogen werden. Dieselbe Anziehung der Atome gibt auch den Körnern unseres Schrotes die kugelförmige Gestalt. Wenn das geschmolzene Blei von einer grösseren Höhe herabgegossen wird, theilt es sich, wie dort das Wasser, durch seine Cohäsionskraft in runde Tropfen, die, ehe sie den Boden erreichen, erhärten und daher ihre kugelförmige Gestalt beibehalten. Dieselbe Kraft aber, welche diesen Tropfen ihre runde Form gibt, hat auch wahrscheinlich jene grossen Körper des Himmels, die Sonne, den Mond und die Planeten abgerundet, wenn dieselben anders, wie es sehr wahrscheinlich ist, zur Zeit ihrer Entstehung sich in einem flüssigen Zustande befunden haben.

Dieselbe Anziehung endlich, welche wir zwischen den einzelnen Elementen der festen oder auch der flüssigen Körper unter sich bemerken, zeigt sich zwischen den Atomen der festen und flüssigen Körper selbst. So fällt ein Wassertropfen von der untern Seite einer horizontalen Glastafel nicht herab, weil er von der Tafel angezogen wird. Wenn die Spitze einer Nadel in eine Flüssigkeit getaucht und wieder aus ihr herausgezogen wird, bleibt ein Tropfen derselben an ihr hängen, und alle festen, in Flüssigkeiten eingetauchten Körper, werden nass, wenn anders diese beiden Körper sich gegenseitig anziehen. Wenn eine Glasröhre in Quecksilber getaucht wird, so bleibt sie trocken, aus derselben Ursache, aus welcher auch unsere Kleider trocken bleiben würden, wenn es nicht Wasser, sondern Quecksilber regnete.

§. 5. (Allgemeine Attraction.) Indem wir aber die andere Art von Kräften, die allgemeine Attraction, zunächst an der Erde untersuchen wollen, müssen wir sie zuerst wohl von einem Impulse oder von einem blossen Stosse unterscheiden. Wenn wir einen Körper mit der Hand stossen oder werfen, oder wenn wir ihm durch einen Stab, Hammer u. dgl. irgend eine Bewegung beibringen, so wirkt diese auf den Körper angebrachte Kraft nur einen Augenblick, nur so lange als dieser Stoss dauert, nach welchem dann der Körper gleichsam sich selbst überlassen bleibt. Die Folge davon ist, dass der Körper in Folge dieses Stosses eine Bewegung annimmt, deren Richtung die des Stosses, und deren Grösse immer dieselbe sein wird, wenn in der That bloss dieser Stoss und sonst keine andere Kraft auf ihn wirkt. Die Bewegung eines auf diese Art bewegten Körpers muss also erstens geradlinig und zweitens gleichförmig sein, d. h. er muss sich mit immer gleicher Geschwindigkeit in einer geraden Linie und zwar ohne Ende fortbewegen. In der Natur können wir zwar solche Bewegungen nicht nachweisen, weil alle Körper, denen wir einen augenblicklichen Impuls durch unsere mechanischen Kräfte beibringen, auch zugleich der Kraft der Erde ausge-

setzt, und weil sie sich überdiess in der Luft oder in andern widerstehenden Mitteln bewegen, daher sie, ausser jenem ersten Impulse, auch noch diesen andern Kräften unterworfen sind. Wenn wir eine Kugel auf einem horizontalen Boden fortstossen, wenn wir ein Rad um seine Axe schwingen, wenn wir eine Kugel aus unseren Feuergewehren abschiessen oder einen Stein in die Höhe werfen, so sehen wir oft, jener Behauptung entgegen, die Kugel und den Stein in einer krummen Linie laufen, sie und das Rad an der Axe immer langsamer gehen und bald völlig still stehen, weil die Reibung der Kugel auf dem nie ganz ebenen Boden, weil die Reibung des Rades an seiner Axe, weil der Widerstand, den der Stein in der Luft erleidet, und weil überdiess bei allen diesen Körpern die Anziehung der Erde jene erste, durch den Stoss erzeugte Bewegung ändert, hindert und endlich ganz aufhebt. Wenn aber alle diese Störungen nicht da wären, so würde der Körper bloss dem Antriebe jenes ersten Stosses folgen, und wir können keine Ursache mehr angeben, warum er den geradlinigen Weg, den er einmal eingeschlagen, verlassen, warum er seine anfängliche Geschwindigkeit verändern, oder warum er nicht ohne Aufhören und in derselben Art sich fortbewegen sollte.

Wenn wir also einen Körper sich in gerader Linie und so bewegen sehen, dass er in derselben Zeit, z. B. in jeder Sekunde, auch immer denselben Weg zurücklegte, oder dass seine Geschwindigkeit beständig wäre, so würden wir daraus schliessen, dass dieser Körper sich in Folge eines erhaltenen Stosses, eines ursprünglichen Impulses bewegte.

§. 6. (Freier Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde.) Der einfachste Fall der Bewegungen, die wir auf der Oberfläche der Erde beobachten, ist ohne Zweifel der, den ein Stein oder überhaupt jeder Körper zeigt, wenn wir ihn seiner Unterstützung berauben. Wir sehen ihn da sogleich in einer auf die Erdfläche senkrechten, d. h. in einer vertikalen Richtung zur Erde und zwar desto schneller fortgehen, je länger er geht. Hier ist also wohl noch eine geradlinige, aber keine gleichförmige Bewegung mehr; der Weg des zur Erde fallenden Körpers ist noch, wie dort, eine gerade Linie, aber die Geschwindigkeit des Falls ist nicht mehr gleichförmig, sondern sie wächst mit der Zeit.

Allein in welchem Verhältnisse nimmt diese Geschwindigkeit mit der Zeit zu? — Diess ist Sache der Beobachtung. Diese Beobachtung ist schwer mit der hier nothwendigen Genauigkeit anzustellen. Wir werden daher, wie diess so oft in den Naturwissenschaften und besonders in der Astronomie geschieht, irgend eine diesen Erscheinungen frei fallender Körper im Allgemeinen angemessene Hypothese annehmen und zusehen, ob diese Annahme mit jenen beobachteten Erscheinungen vollkommen übereinstimmt.

Die einfachste und natürlichste Hypothese ist ohne Zweifel die, dass der Mittelpunkt der Erde eine constante und immerfortwirkende Kraft besitzt, mit welcher er die Körper auf und über der Oberfläche der Erde in der Richtung ihres Halbmessers, d. h. in einer auf die Erdoberfläche senkrechten Richtung an sich zieht. Dadurch ist diese Kraft der Erde gleichsam auf den oben betrachteten Impuls zurückgeführt, nur mit dem Unterschiede, dass der letzte bloss im Anfange der Bewegung sich äussert, während jener auch in jedem folgenden Augenblicke noch thätig ist, so dass also die Kraft der Erde als ein

sich stets wiederholender und in seiner Intensität stets gleich grosser Impuls (Stoss oder Zug) betrachtet werden kann, in dessen Richtung die frei fallenden Körper sich der Erde immer mehr nähern.

§. 7. (Erstes Gesetz dieser Bewegung.) Nehmen wir also an, dass der Körper in einem Augenblicke, in welchem er den ersten Impuls von der Erde erhält, sich zu bewegen anfange, und dass er am Ende dieses Augenblicks eine Geschwindigkeit erhalten habe, vermöge welcher er, wenn nun weiter keine Kraft auf ihn wirkte, in seiner einmal angenommenen vertikalen Richtung gleichförmig fortgehen und z. B. in jeder nächstfolgenden Sekunde g Fuss zurücklegen würde, so dass also die Geschwindigkeit desselben am Ende der ersten Sekunde g Fuss beträgt. Da er am Ende dieser ersten, oder im Anfange der zweiten Sekunde von der Kraft der Erde wieder einen, und zwar, weil diese Kraft constant sein soll, einen eben so grossen Impuls erhält, wie im Anfange der ersten Sekunde, so wird er auch während der ganzen Dauer der zweiten Sekunde seine bereits erlangte Geschwindigkeit in eben dem Masse vermehren, wie in der ersten, oder er wird am Ende der zweiten Sekunde eine Geschwindigkeit von $2\,g$ Fuss erhalten. Eben so wird am Ende der dritten Sekunde seine Geschwindigkeit $3\,g$ sein u. s. w. Nennt man also überhaupt v die Geschwindigkeit und t die Anzahl Sekunden, die seit dem Anfange der Bewegung des Körpers verflossen sind, so wird man die einfache Gleichung $v = gt$ haben, und diese Gleichung drückt den Satz aus, dass, unter der Voraussetzung einer constanten Kraft der Erde, die Geschwindigkeit der frei fallenden Körper sich wie die Anzahl der während des Falles verflossenen Sekunden verhalten, oder dass diese Geschwindigkeiten den Zeiten proportional sind. Man nennt diess eine gleichförmig beschleunigte Geschwindigkeit, weil sie gleichförmig mit der Zeit wächst.

Allein wir suchen nicht sowohl die Geschwindigkeiten, mit welchen der Körper am Ende einer jeden Sekunde, wenn weiter keine Kraft auf ihn wirkt, in ganz demselben Verhältnisse weiter gehen würde, sondern wir wünschen vielmehr den Raum zu kennen, welchen er am Ende einer jeden Anzahl von Sekunden in seinem gleichförmig beschleunigten Falle zurückgelegt haben wird.

§. 8. (Zweites Gesetz dieser Bewegung.) Zu diesem Zwecke wollen wir zuerst bemerken, dass wir die Grösse der Zwischenzeiten, in welchen diese Impulse der Erdkraft auf einander folgen, nicht anzugeben im Stande sind, um so weniger, da diese Kraft wahrscheinlich immerwährend und ohne alle Unterbrechung wirksam ist. Dann wird man aber der Wahrheit desto näher kommen, je kleiner man diese Zwischenzeiten annimmt. Wir haben oben dafür die Dauer einer Sekunde gewählt, allein dieselben Schlüsse würden auch dann noch gelten, wenn wir für jene Dauer den hundertsten oder tausendsten Theil einer Sekunde angenommen hätten. Immer würden wir, wie dort, gefunden haben, dass, wenn die Kraft der Erde beständig ist, auch der Zuwachs der Geschwindigkeit des fallenden Körpers beständig sein oder dass sich diese Geschwindigkeit wie die Zeit verhalten muss. Je kleiner wir aber diese Zwischenräume annehmen, desto mehr wird es uns auch erlaubt sein, die Bewegung des Körpers, während dieser Zeit, als völlig gleichförmig vorauszusetzen, und man sieht, dass man auf diese Weise überhaupt jede

andere Bewegung und zwar desto genauer darstellen wird, je kleiner man diese Zwischenzeiten gewählt hat. — Fahren wir daher, der Kürze wegen, fort, diese kleinste Zeiteinheit eine Sekunde zu nennen. Im Anfange der ersten Sekunde hatte der Körper, unserer Annahme gemäss, gar keine Geschwindigkeit, da er aus der Ruhe seine Bewegung angefangen hat. Am Ende derselben aber hatte er, wie wir oben gesagt haben, die Geschwindigkeit von g Fuss. Nehmen wir also an, dass er, während dieser ersten Sekunde, immer dieselbe Geschwindigkeit hatte und mit ihr doch den Raum durchlief, den er während seines Falles in der That zurückgelegt hat, so muss diese gleichförmige Geschwindigkeit das Mittel aus jenen beiden sein, die er im Anfange und am Ende der ersten Sekunde hatte, d. h. sie muss gleich $\frac{1}{2}g$, oder so gross gewesen sein, dass er mit dieser gleichförmigen Geschwindigkeit während der ersten Sekunde den Raum $\frac{1}{2}g$ durchläuft.

Im Anfange der zweiten Sekunde hatte er die Geschwindigkeit g und am Ende derselben nach dem Vorhergehenden die Geschwindigkeit $2g$. Er würde also denselben Raum, den er im freien Falle während der zweiten Sekunde zurückgelegt hat, auch mit der mittleren Geschwindigkeit, d. h. mit der Geschwindigkeit $\frac{3}{2}g$ in vollkommen gleichförmiger Bewegung zurückgelegt haben. Eben so würde er in der dritten Sekunde mit der Geschwindigkeit $\frac{5}{2}g$, die das Mittel aus $2g$ und $3g$ ist, denselben Raum, wie im freien Falle, zurücklegen u. s. w. Es ist daher, in Beziehung auf den von dem Körper durchlaufenen Raum, ganz dasselbe, ob wir annehmen, dass er ihn mit einer gleichförmig beschleunigten Bewegung, wie er in der That thut, oder dass er jeden kleinsten Theil dieses Raumes immer mit derselben, aber jeden nächsten Theil desselben mit einer gleichförmig grössern Geschwindigkeit zurücklege. In dem letzten Falle geht er aber, wie wir gesehen haben, in

der ersten Sek.	durch	den	Raum	$\frac{1}{2}g$	also	in	einer Sek.	durch	$\frac{1}{2}g$		
zweiten „	„	„	„	$\frac{3}{2}g$	„	„	zwei	„	$\frac{4}{2}g$		
dritten „	„	„	„	$\frac{5}{2}g$	„	„	drei	„	$\frac{9}{2}g$		
vierten „	„	„	„	$\frac{7}{2}g$	„	„	vier	„	$\frac{16}{2}g$		

u. s. w.

Diese kleine Tafel zeigt auf den ersten Blick das Gesetz, nach welchem die letzten Zahlen derselben, d. h. nach welchem die von dem Körper in 1, 2, 3 . . Sekunden durchlaufenen Räume fortgehen. Man sieht nämlich, dass man für jede willkürliche Anzahl t Sekunden den ihr entsprechenden Raum durch $\frac{1}{2}g\,tt$ ausdrücken muss, so dass also die Räume, welche die Körper in ihrem freien Falle gegen die Erde zurücklegen, sich wie die Quadrate der Zeiten verhalten, während, nach dem Vorhergehenden, die am Ende dieser Zeiten erhaltenen Geschwindigkeiten diesen Zeiten selbst proportional sind. Nehmen wir also an, der Körper sei während der ersten Sekunde durch den Raum 1 gefallen und habe am Ende dieser Zeit die Geschwindigkeit 2 erhalten, so zeigt die folgende kleine Tafel den Fallraum und die Endgeschwindigkeit für jede folgende Sekunde.

Sekunde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fallraum	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100
Endgeschwindigkeit	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

§. 9. (Anwendung dieser Gesetze auf specielle Fälle.) Häufige und genaue Versuche, welche man über den Fall der Körper angestellt hat, stimmen mit diesen beiden Gesetzen so vollkommen überein, dass man an der Wahrheit derselben nicht weiter zweifeln kann.

Bei dem freien Falle der Körper verhalten sich also die Geschwindigkeiten wie die Zeiten, und die durchlaufenen Räume wie die Quadrate der Zeiten, während welcher der Fall dauert. Behält man daher die vorhergehenden Bezeichnungen von g, v und t bei, und nennt man x den Raum, welchen der Körper in t Sekunden zurücklegt, so hat man die beiden einfachen Ausdrücke

$$v = gt \text{ und } x = {}^1/_2\, gtt$$

aus welchen man leicht noch den folgenden dritten

$$vv = 2\,gx$$

ableiten wird. Mit Hülfe dieser Ausdrücke kann man sehr leicht eine Menge interessanter Fragen über den freien Fall der Körper beantworten, von denen wir hier nur einige kurz anführen wollen.

Das höchste von Menschenhänden errichtete Gebäude ist die grosse Pyramide bei Cairo, deren Spitze eine Höhe von 450 Par. Fuss über ihrem Boden hat. Nimmt man die Sekunde in dem gewöhnlichen Sinne dieses Wortes, nämlich für den 86400sten Theil eines mittleren Tages, so beträgt der Fall der Körper während der ersten Sekunde, den darüber angestellten Beobachtungen gemäss, 15.098 Par. Fuss. Diese Grösse ist also, vermöge der zweiten unserer Gleichungen, gleich $^1/_2\, g$, so dass die Grösse g selbst 30.196 Par. Fuss beträgt.

Mit diesem Werthe von g findet man aus derselben zweiten Gleichung, wenn man in ihr $x = 450$ setzt, dass ein Stein von dem Gipfel dieser Pyramide bis zu dem Boden derselben in $5\,^1/_2$ Sekunden fallen, und dass er daselbst mit einer Geschwindigkeit ankommen würde, mit welcher er, wenn er nun gleichförmig fortginge, in jeder Sekunde einen Weg von $164\,^4/_5$ Fuss zurücklegen müsste.

Einer der höchsten Berge der Erde, der Dhawalagiri in Indien, soll 24150 Par. Fuss über die Meeresfläche sich erheben. Von seinem Gipfel würde daher ein Stein in vertikaler Richtung erst nach 40 Sekunden an der Meeresfläche, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 1520 Fuss ankommen. Diese Endgeschwindigkeit ist bedeutend grösser als die des Schalles, die nur 1038 Fuss in einer Sekunde beträgt, und sie übersteigt die gewöhnliche Geschwindigkeit einer Kanonenkugel nahe dreimal.

In Norwegen, Distrikt Rake bei Friedrichshall, soll ein senkrechtes Erdloch sich befinden, dessen Tiefe man noch mit keinem Senkblei ergründen konnte. Wenn man aber einen Stein in dasselbe fallen lässt, so soll man den letzten Aufschlag desselben auf den Boden der Höhle

erst nach 90 Sekunden hören. Nimmt man dabei auf die Verzögerung dieser Erscheinung durch den Schall Rücksicht, so zeigen unsere Gleichungen nach einer dazu nöthigen Umgestaltung, deren Erörterung uns hier zu weit führen würde, dass die senkrechte Tiefe dieser Höhle 40000 Par. Fuss, also nahe doppelt so viel, als die Höhe des Dhawalagiri betrage.

Der Mond ist in seiner mittleren Distanz 51800 d. Meilen oder 1183277760 Par. Fuss von der Erde entfernt. Wenn wir daher die Kraft der Erde auch in dieser Entfernung noch gleich der an ihrer Oberfläche annehmen und überdiess voraussetzen dürften, dass der Mond nicht eine ähnliche Anziehung, wie unsere Erde, auf die ihn umgebenden Körper ausübe, so würde, wie unsere Gleichungen zeigen, ein von dem Monde in gerader Linie zur Erde fallender Stein die letzte erst in 8852 Sekunden oder in 2 Stunden 27 Minuten 32 Sekunden erreichen, und auf derselben mit einer Geschwindigkeit ankommen, vermöge welcher er in einer Sekunde durch 267330 Fuss, das heisst, durch nahe 11.7 d. M. geht.

Allein diese Voraussetzungen sind sehr gewagt und äusserst unwahrscheinlich. In der That, wenn unsere Erde eine Kraft besitzt, mit welcher sie alle Körper an sich zieht, warum sollten diese anderen Körper, warum sollte der Mond, die Sonne und überhaupt alle Körper der Natur einer solchen Kraft beraubt sein? Welche Vorrechte soll irgend ein Körper der Natur vor allen andern ansprechen dürfen? Und wenn sie in der That alle eine solche Kraft besitzen, durch welche sie selbst auf sehr entfernte Körper noch eine Wirkung äussern, welchen Grund hat man, vorauszusetzen, dass diese Kraft in allen, in grossen und kleinen Entfernungen immer dieselbe bleiben soll? Diejenigen Entfernungen von der Erdoberfläche, die Berge und Höhlen derselben, in welchen wir unsere Beobachtungen noch anstellen können, sind in der That, gegen den Halbmesser der Erde, so klein, dass sie, ohne merklichen Fehler, alle als gleich gross, und dass also auch die auf sie wirkende Kraft der Erde durchaus als dieselbe, oder als eine constante Kraft angesehen werden kann. Und wenn diess, in viel grössern Distanzen, wie es scheint, nicht der Fall ist, nach welchem Gesetze ändert sich dann diese Kraft in verschiedenen Entfernungen?

§. 10. (Allgemeine Bemerkungen über diesen Gegenstand.) Diese Frage ist noch zu beantworten übrig, und die Antwort darauf soll der Gegenstand des folgenden Kapitels sein. Ehe wir aber dahin übergehen, wollen wir noch bemerken, dass auch das meiste von dem, was den Inhalt des gegenwärtigen Kapitels ausmacht, auf Sätzen beruht, die wir nicht streng beweisen, sondern vielmehr nur als Axiome annehmen können, zufrieden, wenn die darauf gebauten Folgerungen den äussern Erscheinungen der Natur, d. h. unsern Beobachtungen derselben vollkommen entsprechen. Dass ein Körper ruht, so lange keine äussere Kraft auf ihn wirkt, und dass ein Körper, der auch nur durch einen augenblicklichen Impuls in Bewegung gesetzt wurde, sich immerfort gleichförmig und in einer geraden Linie bewegen muss, so lange er durch keine andere Kraft daran gehindert wird — dieses Axiom, das unter der Benennung des Princips der Trägheit der Materie bekannt ist; dass ferner jede Aenderung einer schon statthabenden Bewegung der sie erzeugenden Kraft proportional ist; dass bei jeder solchen Kraftäusserung zwischen zwei

Körpern die Wirkung des einen immer der Gegenwirkung des anderen gleich sein soll — diese und mehrere andere Sätze, welche man als die Grundsätze unserer Dynamik aufstellt, sind, so wahr sie auch an sich sein mögen, keines eigentlichen Beweises fähig und in sich selbst noch manchen Dunkelheiten unterworfen. Da die Körper, wie wir annehmen, ohne die Wirkung einer äussern Kraft sich nicht bewegen können, wie sollen sie sich doch, derselben Annahme gemäss, ohne äussere Kraft in dieser Bewegung erhalten? Nehmen wir vielleicht dabei stillschweigend an, dass die Bewegung etwas der Materie Eigenthümliches sei? Es mag so sein, immerhin: aber — muss es auch so sein? Ist dieses auf den Körper einwirkende Wesen selbst nichts Körperliches mehr, oder gehören beide ihrer innern Natur nach zusammen, oder endlich: ist das, was dem Körper seine Bewegung, gleichsam sein Leben mittheilt, etwas Analoges mit derjenigen, uns eben so wenig bekannten Kraft, welche die Ursache des organischen Lebens, die Ursache des Wachsthums und vielleicht selbst die eigentliche Quelle aller unserer geistigen Operationen bildet? — Was wissen wir von allen diesen Dingen, über die wir nur eben noch fragen können, und wie viel mehr mag noch zurück sein, worüber uns unsere Sinne und selbst unsere lebhafteste Phantasie nicht einmal mehr fragen lehren! Auch andere Wissenschaften, ja selbst die Mathematik, geht von solchen Axiomen, von ersten Grundsätzen aus, über die sich nichts mehr ausmachen lässt, und die gleichsam wie Glaubenssachen angenommen werden müssen, um auf ihnen, als auf einer Basis, weiter zu bauen. Diese Basis selbst aber ist kein weiterer Gegenstand weder der Erfahrung, noch der Vernunft, sie ist die Grenze oder vielmehr die absolute Scheidewand aller unserer geistigen Thätigkeit.

Kapitel II.

Allgemeine Schwere.

§. 11. (Einleitende Betrachtungen.) Unter allen Entdeckungen in dem weiten Felde der Wissenschaften ist wohl die der allgemeinen Schwere, die wir dem grossen Newton verdanken, die glänzendste und einflussreichste, da sie das Gesetz enthält, dem alle Himmelskörper unseres Sonnensystems, und, wie es scheint, alle Körper des Weltraumes überhaupt gehorchen.

Es kann nicht anders als sehr interessant sein, zu sehen, auf welche Weise dieser seltene Geist zu jener hohen Idee gekommen ist. Selbst wenn wir ihn kämpfen und ringen, wenn wir ihn fehlen sehen, kann er nur mit der innigsten Theilnahme und hier insbesondere mit rein menschlicher Theilnahme betrachtet werden. Auch steht er nicht allein, nicht ohne Hülfe und Beirath von Anderen da. Viele treffliche Männer gingen ihm voraus und bahnten ihm den Weg zu seinem hohen Ziele. Und doch verfehlte er viele Jahre diesen Weg und mühte sich

ab, die kraftvollste Zeit seines Lebens, jene Wahrheit zu finden, die er ahnte, ja die er, aber ohne es zu wissen, schon als ein Jüngling von kaum zwanzig Jahren gefunden hatte, und zu deren Erkenntniss er erst durch Andere und durch einen glücklichen Zufall geführt werden musste. Dessenungeachtet erscheint er als der Führer dieser Anderen, als ihr Herr und Meister und als der Vorfechter unter den Besten seiner Zeit. Denn Er war es, der sie leitete in dem grossen Kampfe, Er errang den Sieg, und was auch Jene geleistet haben mögen, Ihm gebührt der Lorbeer. Weit über ein volles Jahrhundert ist verflossen seit der Zeit, da er unter uns gewandelt, und noch steht er da, unerreicht und unerreichbar, ein Riese unter den Pygmäen, sein Haupt mit dem Strahlenkranze der Unsterblichkeit umwunden.

Die sogenannte Weltgeschichte, worunter wir gewöhnlich die der Regenten und der von ihnen geführten Kriege verstehen, ist in mehr als einer Beziehung sehr verschieden von der Geschichte der menschlichen Kultur. In jener gehen die grossen Epochen gewöhnlich nur von Einem Menschen aus, und sie sind nur zu oft von den heftigsten Erschütterungen begleitet. Plötzlich erhebt sich, nicht selten aus dem Staube der Verborgenheit, der Friedensstörer. Trotzend seiner Zeit und ihren Vorurtheilen, allen göttlichen und menschlichen Gesetzen Hohn sprechend, selbst den Kampf mit den Elementen und den Geistern des Schicksals nicht scheuend — verbreitet er sich mit seinen Heeren über ganze Länder und Welttheile und tritt das Glück der Völker unter seine Füsse, um auf den Trümmern desselben seiner Dynastie einen Thron und sich selbst, am Ende seiner Thaten, die Verwünschung der Nachwelt, oder auf einer wüsten Insel im Weltmeere, ein enges Grab zu erobern.

Nicht so in dem grossen Reiche der Wissenschaften, deren Wachsthum nur langsam, und die blutlosen Fehden der Gelehrten etwa ausgenommen, immer friedlich vor sich geht, und wo nur selten oder nie der Einzelne, ohne Hülfe der Anderen, eine neue Epoche begründen kann. Die meisten grossen Conceptionen, deren unsere Kulturgeschichte erwähnt, sind nur scheinbar von einem einzigen Manne ausgegangen. Denn nicht nur die eigentliche Ausführung, die immer fremder Hände bedarf, sondern die erste Idee selbst entsprang gewöhnlich nur aus verwandten Ansichten mehrerer vorhergegangener Geister. In der That findet man, dass beinahe jede grosse Revolution in dem Gebiete der Kultur von einer Art allgemeiner geistiger Fermentation eingeleitet worden ist, die beinahe alle besseren Köpfe des Jahrhunderts, wie durch einen höhern Instinkt getrieben, auf denselben Gegenstand gerichtet hat. Anfangs klein und unbemerkbar nimmt das Gedränge allmählich zu, um jenen Punkt, wo der Schatz begraben liegt; zuerst Einzelne, dann mehrere rütteln an dem verschlossenen Thore, bis endlich, wenn alle Vorbereitungen erschöpft sind, der Sohn des Glücks hervortritt aus der Menge und mit einem Drucke seiner Hand die Riegel sprengt, wo dann sofort aus der weit geöffneten Pforte ein Strom von Licht sich ergiesst, der die ganze unbekannte, früher in tiefe Nacht begrabene Gegend mit seinen Strahlen, nicht mit jenem verzehrenden Feuer des Ehrgeizes und der Eroberungssucht, sondern mit den milden, wohlthätigen Strahlen der Wahrheit und der Erkenntniss erleuchtet.

§. 12. (Vorgänger Newton's, Kopernicus und Kepler.) Nahe zwei Jahrhunderte vor der Entdeckung, von welcher wir hier sprechen, hatte uns Kopernicus (geb. 1472, gest. 1543) die Bewegung der Planeten in Kreisen gelehrt, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt die Sonne ist, und uns dadurch den Weg gezeigt, auf dem allein eine wahre Kenntniss des Himmels und ein Fortschreiten der Wissenschaft möglich war. Er gab uns das neue Testament der Astronomie, und Kepler (geb. 1571, gest. 1630) lieferte uns eine neue, wesentlich verbesserte Auflage desselben, indem er das unnütze Gerüste der Epicykeln niederriss, mit welchem die Alten unser Sonnensystem überladen hatten, und welches auch Kopernicus noch beizubehalten gezwungen war. Er zeigte uns, dass sich die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne ist, bewegen, er lehrte uns die Gesetze kennen, nach welchen diese Bewegungen vor sich gehen. Dadurch erst gewann die Sternkunde eine mathematische Unterlage und eine eigentlich streng wissenschaftliche Gestalt. (Vergl. *I.* Abth. Kap. 8 und 9.)

Aber noch war der Grund dieser Gesetze, gleichsam das einzige oberste Gesetz unbekannt, von welchem jene nur ein Ausfluss, eine blosse Folge sein sollten. Zwar hatte Kepler selbst mehr als eine Muthmassung darüber aufgestellt, aber auch nur Muthmassungen, durch keine Rechnung unterstützt und alles eigentlichen Beweises entbehrend. An geistiger Kraft fehlte es dem seltenen Manne nicht, diese von ihm geahnte Höhe zu erreichen; aber seine kläglichen Lebensverhältnisse, die Missgunst des Schicksals, ohne das nichts Grosses gedeiht, und vielleicht selbst die Lebhaftigkeit seiner Imagination, die ihn nur zu oft in Irrwegen und grundloser Spekulation herumführte, hinderten ihn, seinem Haupte die Krone aufzusetzen, deren er so würdig war, und die er, nicht aus Mangel an eigenem Verdienste, einem Andern überlassen musste.

§. 13. (Hooke, Huyghens u. a.) Jene beiden Männer gingen Newton in grösserer Entfernung voraus. Es fehlte aber auch nicht an anderen, näheren Vorgängern, die der grossen Entdeckung, durch die Newton sich unsterblich machte, oft nahe genug kamen. Bouillaud, ein Arzt in Frankreich, stellte in seiner *Astronomia Philolaica*, die im Jahre 1645 erschien, bereits den Satz auf, dass die Kraft, mit welcher die Sonne auf die Planeten wirkt, sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung der Planeten von der Sonne verhalte. Diess war im Grunde Newton's Hauptsatz, aber da er nur als eine Hypothese vorgetragen und durch keine Beweise unterstützt war, so blieb er noch ohne weitere Folgen und wurde bald darauf wieder vergessen. — Borelli's Werk über die Satelliten Jupiters, das im Jahre 1666 erschien, stellte ebenfalls die Ansicht auf, »dass die Bewegungen der Planeten um die Sonne nach denselben Gesetzen vor sich gehen müssen, nach welchen sich diese Satelliten in ihren Bahnen um die Hauptplaneten bewegen, und nach welchen zugleich der Mond um unsere Erde geht.« Eine ebenso wichtige als richtige Bemerkung, die aber, aus derselben Ursache, ohne Früchte zu tragen wieder verloren ging.

Noch näher trat der Sache Robert Hooke, Newton's Zeitgenosse und Gegner, ein erfindungsreicher Kopf, der schon in demselben Jahre 1666 der königl. Akademie in London eine Abhandlung über die Abnahme der Schwere der Körper in verschiedenen Höhen über der

Erde vorgetragen hatte. Im Mai desselben Jahres las er in dieser Akademie eine Abhandlung über die Bewegung der Planeten um die Sonne, in welcher er die Entstehung der krummen Bahnen der Planeten durch die Verbindung einer constanten Tangentialkraft dieser Himmelskörper mit einer veränderlichen Centrifugalkraft der Sonne zu erklären suchte. In einer im Jahre 1674 von ihm herausgegebenen Schrift stellt er die Sätze auf, »dass alle Himmelskörper eine gegen ihren Mittelpunkt gerichtete Anziehungskraft haben, wodurch sie nicht nur auf ihre eigenen Elemente, sondern auch auf alle anderen Körper ausser ihnen wirken; dass die anziehenden Kräfte desto stärker sind, je näher die angezogenen Körper stehen« u. s. w.

Allein alle diese und ähnliche Ideen, die einer genauen und fortgesetzten Betrachtung würdig gewesen wären, wurden nur eben hingeworfen ohne sie weiter zu verfolgen. Dieses Verfolgen des ersten flüchtigen Gedankens, dieses Brüten über ihm ist es aber, was ihn zur Reife bringen, und was allein die Wissenschaften wahrhaft fördern konnte. Wusste doch Newton selbst die Anfrage seines Freundes Halley, auf welche Weise er zu seinen grossen Entdeckungen gekommen sei, nur mit den wenigen, aber inhaltschweren Worten zu erwiedern: »Indem ich unablässig darüber nachdachte!«

Endlich wurde auch Huyghens, Newton's Zeitgenosse und Rival, oft auf demselben Wege mit ihm gefunden. Huyghens (geb. 1625, gest. 1695) war ohne Zweifel einer der grössten Geometer und der sinnreichsten Köpfe seiner und selbst aller Zeiten. Seine Theorie der Evolutionen, die von ihm entdeckten merkwürdigen Eigenschaften der Cycloide, seine Arbeiten über die Wahrscheinlichkeitsrechnung, sein erstes Aufstellen und Ausbilden der Theorie der Kreisbewegung und des Stosses der Körper, seine Bestimmung des Schwingungspunkts der Pendel, seine wesentlichen Verbesserungen der Gewicht- und Federuhren, seine optischen Entdeckungen über die Natur des Lichtes, über die Theorie der Fernröhre, über die doppelte Strahlenbrechung des isländischen Krystalls, selbst seine praktischen Verbesserungen der optischen Instrumente, mit welchen er den ersten Satelliten Saturns und den Ring dieses Planeten entdeckte — alle diese und noch mehrere andere grosse Verdienste sichern ihrem Urheber eine der ausgezeichnetsten Stellen in der Geschichte der wissenschaftlichen Kultur, und es fehlte vielleicht nur ein Schritt, um ihm die erste, selbst die vor Newton anzuweisen. Denn volle fünfzehn Jahre schon vor der Bekanntmachung des Princips der allgemeinen Schwere durch Newton, hatte Huyghens die oben erwähnten Eigenschaften der Centralbewegung der Körper in Kreisen in dreizehn Propositionen öffentlich vorgetragen, und wenn er den Einfall gehabt hätte, nur zwei dieser Propositionen unter sich zu verbinden und sie als ein Beispiel auf die Rotation der Erde um ihre Axe und auf die Bewegung des Mondes um die Erde anzuwenden (was Newton eigentlich später that, und wodurch er eben auf seine grosse Entdeckung geführt wurde), so würde Er der Schöpfer des neuen Systems geworden sein. Aber er versäumte es, diese Anwendung, diesen letzten Schritt zu machen, und auch er musste daher die Palme des Ruhmes einem Andern, einem Glücklicheren überlassen.

§. 14. (Veranlassung zu dieser Entdeckung Newton's.) Isaak Newton wurde am 25. Dezember 1642 geboren. In seinem achtzehnten Jahre betrat

er die Universität zu Cambridge, beinahe ohne alle jene vorbereitende Bildung, welche die Schüler dieses berühmten Instituts bei ihrem Eintritte in dasselbe mitzubringen pflegen. Vielleicht aber wirkte eben dieser Mangel vortheilhaft auf seinen Geist. Er wurde von keinen Vorkenntnissen unterstützt, er hatte aber auch keine Vorurtheile zu besiegen. Er hatte nichts gelernt, er durfte auch nichts verlernen, und sein jugendlicher Geist konnte ungehindert seinen eigenthümlichen Gang gehen, den Weg des kleinsten Widerstandes, ohne sich von den Gebirgen von Hindernissen irren zu lassen, die sich vor ihm aufthürmten, die er aber nicht kannte, und die er bald darauf so glorreich besiegte.

Er wendete sich gleich im Anfange seiner Studien zur Mathematik. Seine Absicht dabei soll gewesen sein, die Irrthümer der Astrologie, die zu jener Zeit noch viele Anhänger zählte, auf geometrischem Wege zu widerlegen. Euclid's Werke lernte er nur eben kennen, um sie sogleich wieder aus der Hand zu legen. Er fand sie zu leicht und betrachtete die meisten der in ihnen enthaltenen Sätze nur als eben so viele Axiome, deren Wahrheit sich gleichsam von selbst versteht. Er wendete sich daher sogleich zu der viel schwereren Geometrie des Descartes, zu Wallis' Arithmetik des Unendlichen und zu Kepler's astronomischen Werken, welche er alle, die Feder in der Hand, las und sich daraus Auszüge machte, die er bis an das Ende seines Lebens bewahrte. Man erkannte bald den Geist, der in ihm lebte, und im Jahre 1669 wurde er, an des berühmten Barrow's Stelle, Professor der Mathematik in Cambridge, eine Stelle, die er bis zu dem Jahre 1695 bekleidete, wo er zum Vorsteher der königlichen Münze in London mit einem jährlichen Gehalte von 15000 Pfd. Sterling berufen ward, welches Amt er bis an sein Ende beibehielt, das am 20. März 1727 im 85sten Jahre seines Alters erfolgte.

Gegen das Jahr 1662 wendete er seine ganze Aufmerksamkeit der Optik, und insbesondere der Natur des Lichtes zu, über welche er auch bald darauf die glänzendsten Entdeckungen machte. Als aber im Jahre 1666 eine pestartige Krankheit die Umgegend von Cambridge verheerte, zog er sich auf einige Monate in seinen Geburtsort Woolsthorpe zurück, ein Dorf in Lincolnshire, nahe eine deutsche Meile südlich von der Stadt Grantham.

Hier sass er eines Tages in seinem Garten, als er, wie man erzählt, durch den Fall eines Apfels von einem nahen Baume, auf die erste Idee der allgemeinen Schwere geleitet wurde. Dieser Baum war lange ein Gegenstand der besonderen Beachtung aller Verehrer Newton's. Im Jahre 1826 wurde der morsche Stamm desselben von einem Sturme gestürzt und aus seinem Holze ein Stuhl verfertigt, der den Freunden des hingeschiedenen grossen Mannes, wenn sie seine Geburtsstätte besuchen, noch jetzt mit einer Art von Andacht gezeigt zu werden pflegt. Wenn übrigens diese Erzählung von dem Apfel, die erst in den neuesten Zeiten wieder mehrere Vertheidiger gefunden hat, auch nicht ganz verbürgt sein sollte, so ist sie doch weder sehr unwahrscheinlich, noch die einzige ihrer Art. Auch Galilei, auf den sein Vaterland noch jetzt stolz ist, auch er soll durch den Anblick einer schwingenden Lampe, die von dem Innern des Kirchendomes zu Pisa herabhing, auf die Theorie des Pendels und dadurch auf die eigentliche Begründung der Mechanik geführt worden sein, einer Wissenschaft, de-

ren Schöpfer er ist, und von welcher die Alten nicht einmal eine *Ahnung* hatten.

§. 15. (Fragen, die sich Newton darboten.) Warum fällt der Apfel, und überhaupt jeder Körper, wenn er nicht gehalten oder unterstützt wird? Da er immer in einer senkrechten Richtung zur Erde hin fällt, so scheint in dieser Erde etwas zu sein, das ihn an sich zieht. Dieses Etwas, diese Kraft, wie wir es nennen wollen, auf welche Weise, nach welchem Gesetze wirkt sie auf den fallenden Körper? Und wie weit erstreckt sie sich von der Erde? Wenn sie z. B. bis zu dem Monde reichen sollte, welche Wirkung äussert sie auf diesen Himmelskörper? Der Mond hängt doch offenbar mit der Erde zusammen, so wie jener fallende Stein, da er, wenn er gleich nicht zur Erde fällt, sich doch in einem Kreise um die Erde bewegt. Sollte vielleicht diese Bewegung eine Folge jener Kraft der Erde sein, die den Stein zu ihr fallen macht? Und wenn diess zugegeben wird, obschon man eben die Verbindung zwischen diesen beiden Erscheinungen nicht sofort einsieht, dürfte man dann nicht noch weiter gehen, und dieselben Schlüsse auch auf diese Erde selbst, ja auf alle übrige Planeten unseres Sonnensystems anwenden? — In der That, die Erde und diese Planeten alle bewegen sich, wie schon Kopernicus gezeigt hatte, in Kreisen um die Sonne, ganz so, wie sich der Mond in einem Kreise um die Erde bewegt. Wird nun der Mond zu seiner Bewegung durch jene Kraft der Erde gezwungen, könnten nicht auch die Erde und alle Planeten zu ihrer Bewegung um die Sonne durch eine ähnliche, in der Sonne wohnende Kraft gezwungen werden?

Grosse Fragen fürwahr, da offenbar von ihnen die ganze Kenntniss der Organisation unseres Planetensystems abhängt. Und alles diess wegen eines Apfels, der zufällig vor uns zur Erde fällt! — Wie viele Millionen, seit die Erde steht, sahen so gut wie Newton die Körper fallen, ohne dadurch auf solche Fragen geführt zu werden, ja ohne dabei auch nur überhaupt etwas zu denken!

Und doch — es sind nur Fragen, Meinungen, Hypothesen, und nichts weiter. Es mag wohl immer, in alten und neuen Zeiten Menschen gegeben haben, die bei solchen Gelegenheiten auf ähnliche Fragen kamen. Aber nicht die Frage — die Antwort ist es, auf die in solchen Fällen alles ankommt. Kepler, Hooke, Huyghens waren, nach dem, was wir oben von ihnen gehört haben, Männer, die sich in der That, wenn auch nicht eben diese, doch ihnen sehr ähnliche Fragen vorgelegt haben müssen. Aber haben sie sie auch beantwortet, auf die einzige Art, wie man solche Fragen beentworten soll: durch Rechnung, mit dem Griffel in der Hand? Es fiel ihnen nicht ein, oder sie fanden kein Mittel dazu, diese Wahrheit, wenn es eine sein sollte, näher zu untersuchen, und sie auf dem allein untrüglichen Probirstein der Rechentafel abzureiben. Desshalb blieb die Sache, wie sie war, eine Meinung, eine blosse Hypothese, die keine Folgen, keine Früchte hatte.

Die nähere Untersuchung des Gegenstandes forderte aber drei Dinge, die zuerst bekannt sein mussten: *I.* das Gesetz, nach welchem jene Kraft wirkt, *II.* die Kenntniss der Umlaufszeit des Mondes, und *III.* die der wahren Grösse der Erde.

§. 16. (I. Wie die Attraktion wirkt.) Das Erste, was Newton kennen musste, war das Gesetz, nach welchem diese Kraft der Erde, wenn sie

überhaupt existirt, auf nahe und ferne Gegenstände wirken soll. An der Oberfläche der Erde fallen die Körper, wie die Beobachtungen zeigen, in der ersten Sekunde durch 15 (genauer durch 15.098) Par. Fuss, und man kann annehmen, dass diese Grösse dieselbe ist für alle Orte der Oberfläche der Erde, und selbst für alle Höhen und Tiefen, zu welchen wir noch gelangen können. Diese Beständigkeit der Kraft der Erde würde einen schwächeren Kopf verleitet haben, die ganze Untersuchung gleich anfangs wieder aufzugeben. Wenn diese Kraft in der Höhe einer deutschen Meile über der Erde, und so hoch sind beiläufig die grössten Berge, die wir kennen, noch immer dieselbe, wie an der Oberfläche der Erde ist, so scheint sie überhaupt in allen Entfernungen dieselbe zu bleiben. Allein Newton liess sich dadurch nicht irre machen, da er zu sehr davon überzeugt war, dass diese Kraft in grösseren Entfernungen immer kleiner werden müsse. Vielmehr bestärkte ihn diess in seiner Vermuthung. Denn wenn die Kraft der Erde, selbst in der Entfernung einer Meile, noch immer dieselbe zu sein scheint, so muss sie eine sehr starke Kraft sein, so muss sie, da sie nun einmal nicht immer dieselbe bleiben kann, nur sehr langsam abnehmen, so muss sie am Ende selbst noch in der Gegend des Mondes gross genug sein, um dort, um an diesem Himmelskörper noch bemerkbare Veränderungen hervorzubringen, und eben diese Veränderungen waren es, die er suchte.

Man kann sich aber diese Anziehungskraft der Erde nicht wohl anders vorstellen, als durch ein Strahlen-Büschel, dessen einzelne Linien alle aus dem Mittelpunkte der Erde auslaufen, wie etwa die Strahlen eines Lichtes, das in dem Mittelpunkte dieser Erde seinen Sitz hat. Denkt man sich eine hohle Kugelfläche, deren Halbmesser z. B. tausend Fuss beträgt, und deren Mittelpunkt mit jenem der Erde zusammenfällt, so wird die innere Fläche dieser Kugelschale von jenem Lichte mit einer gewissen Stärke beleuchtet werden. Wenn aber der Halbmesser dieser Kugel noch einmal so gross, also gleich 2000 Fuss wäre, so wird diese zweite hohle Kugelschale in ihrem Innern von demselben Lichte offenbar schwächer beleuchtet werden. Zwar fällt alles Licht, welches früher die kleinere Kugel beschien, jetzt auch auf die grössere; aber da die Oberfläche der zweiten viel grösser ist, als die der ersten, so werden die auf die zweite Kugel fallenden Strahlen, da sie divergirend von dem Mittelpunkte ausgehen, auch viel weiter von einander entfernt sein, d. h. mit andern Worten, die zweite Kugel wird von demselben Lichte schwächer erleuchtet werden, als die erste, und zwar genau so vielmal schwächer, als die Oberfläche dieser zweiten Kugel grösser ist, als die Oberfläche der ersten. Da sich aber die Oberflächen von Kugeln bekanntlich wie die Quadrate ihrer Halbmesser verhalten, so wird die Fläche der zweiten Kugel, deren Halbmesser zweimal so gross ist, als jener der ersten, auch zweimal zwei- oder viermal schwächer erleuchtet werden. Eben so wird für eine Kugel von einem dreimal so grossen Halbmesser, als die erste, die Beleuchtung dreimal drei- oder neunmal schwächer sein, für einen viermal so grossen Halbmesser sechzehnmal schwächer u. s. w., kurz, die Beleuchtung wird abnehmen, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, oder, was dasselbe ist, die Beleuchtung dieser inneren Kugelschale, in jedem einzelnen Punkte ihrer Oberfläche, wird sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalten.

Dasselbe wird also auch wohl von der Anziehung der Erde auf alle Körper ausser ihr gelten, wenn anders die vorhergehende Voraussetzung richtig ist, dass diese beiden Dinge, Licht und Attraktion, sich auf gleiche Weise von ihren Centralkörpern aus verbreiten. Die Folge wird uns lehren, ob man sich diese Voraussetzung erlauben darf, d. h. ob die auf diese Weise erhaltenen Erscheinungen der Attraktion auch in der That mit den Beobachtungen übereinstimmen. Von irgend einer Voraussetzung über die Wirkungsart dieser Kraft muss man ausgehen, wenn man diese Wirkungen der Rechnung unterwerfen will. Die oben angenommene ist die natürlichste und einfachste, die man wählen kann. Der Erfolg wird zeigen, ob sie auch die wahre ist.

Newton machte aber diese Voraussetzung nicht auf Gerathewohl, und bloss auf die durch nichts bewiesene Analogie mit dem Lichte hin. Er hatte noch einen anderen, besseren Grund, und diesen verdankte er den Vorarbeiten Kepler's und Huyghens', deren Entdeckungen er nun zu seinem Zwecke benutzen konnte.

Kepler hatte nämlich im Jahre 1618 durch sehr mühsame, und Jahre lang mit seltener Ausdauer fortgeführte Rechnungen gefunden, dass die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne sich wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen verhalten (*I.* Abth. §. 143). Huyghens aber hatte unter den oben erwähnten dreizehn Propositionen auch den Satz aufgestellt, dass bei den in Kreisen umlaufenden Körpern die Quadrate ihrer Umlaufszeiten sich verhalten wie die Halbmesser dieser Kreise, dividirt durch den Druck, welchen diese Körper senkrecht auf die Peripherie ihrer Bahn ausüben. Dieser Druck muss als die Kraft angesehen werden, welche, indem sie gegen den Mittelpunkt des Kreises gerichtet ist, eben diese Kreisbewegung des Körpers erzeugt. Verbindet man daher diese beiden Sätze mit einander, so folgt, dass bei allen Kreisbewegungen der Druck der bewegten Körper, d. h. die im Mittelpunkte dieser Kreise wohnende bewegende oder anziehende Kraft sich verhalten muss, wie verkehrt das Quadrat dieses Halbmessers, d. h. also wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers von dem anziehenden Mittelpunkte, und diess ist eben der Satz, welchen wir oben für die Attraktion der Körper überhaupt, aus der Analogie derselben mit dem Lichte abgeleitet haben. Newton kannte diese Proposition und benutzte sie auch in der That zu seinem Zwecke, wie er diess selbst in einem seiner spätern Briefe an Halley gestand. Die Entdeckung Kepler's aber war zu jener Zeit, als Newton seine Untersuchungen anstellte, nicht nur ihm, sondern der ganzen astronomischen Welt bekannt und längst schon als eine unbestreitbare Wahrheit angenommen worden.

§. 17. (II. Umlaufszeit des Mondes um die Erde.) Wenn Newton durch unmittelbare Versuche oder auf Beobachtungen gegründete Rechnungen entscheiden wollte, ob es in der That dieselbe Kraft ist, die den Stein auf die Erde fallen macht, und die den Mond um dieselbe bewegt, so musste er zweitens die Zeit, in welcher der Mond sich um die Erde bewegt, oder er musste die Revolution des Mondes mit grosser Genauigkeit kennen. Wir haben aber bereits oben (*I.* Abth. §. 122) gezeigt, dass man, wenn man zwei in der Zeit sehr von einander entfernte Beobachtungen des Mondes vergleicht, die wahre Grösse dieser Revolution mit aller nur wünschenswerthen Schärfe bestimmen kann, wie denn auch

bereits die alten Griechen sie so genau bestimmt hatten, dass die neueren Astronomen nur wenig oder nichts mehr hinzufügen konnten. Diese Umlaufszeit des Mondes um die Erde, in Beziehung auf die Fixsterne oder die sogenannte siderische Revolution desselben (*I.* Abth. §. 97) beträgt 27.3216614 Tage. Da er in dieser Zeit volle 360 Grade oder 1296000 Sekunden beschreibt, so findet man leicht durch eine einfache Proportion, dass der Mond in seiner Bewegung um die Erde in jeder Zeitsekunde den kleinen Winkel von 0.5490 Sekunden zurücklegt. Allein man weiss, dass die halbe Peripherie eines jeden Kreises, dessen Halbmesser für die Einheit angenommen wird, 3.1415926 Theile dieses Halbmessers beträgt, dass also zu einem Winkel von 648000 Sekunden der Bogen 3.1415926 und daher auch zu einem Winkel von einer einzigen Sekunde der Bogen von 0.0000048481 Halbmessern gehört. Multiplicirt man daher die letzte Zahl durch 0.5490, so folgt, dass der Bogen der Mondsbahn, der von diesem Himmelskörper in jeder Sekunde beschrieben wird, gleich dem 0.0000026617sten Theil des Halbmessers der Mondsbahn ist. Es ist aber aus dem Kap. *V.* der *I.* Abth. bekannt, wie man die Entfernung des Mondes von der Erde durch die Beobachtung der Parallaxe dieses Gestirns findet. Diese Beobachtungen gaben die Entfernung des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde, oder den Halbmesser der Mondsbahn gleich 60.2778 Halbmesser der Erde. Multiplicirt man daher die beiden letzten Zahlen mit einander, so findet man, dass der Bogen, welchen der Mond in seiner Bahn während jeder einzelnen Sekunde zurücklegt, nur 0.0001609 Erdhalbmesser beträgt.

§. 18. III. (Bestimmung des Halbmessers der Erde.) Allein diese letzte Bestimmung der Entfernung des Mondes kann nicht sofort zu unserem Zwecke gebraucht werden. Unsere Absicht ist nämlich, den Fall der Körper auf der Erde mit der Bewegung des Mondes zu vergleichen, um zu sehen, ob in der That beide aus derselben Ursache entspringen. Da aber dieser Fall in Toisen oder Fussen ausgedrückt ist, so müssen wir auch jenen Bogen der Mondesbahn in demselben Masse kennen, oder mit andern Worten, wir müssen wissen, wie viel Toisen der Halbmesser der Erde beträgt.

Wir haben oben (*I.* Abth. Kap. 1 und 2) das Vorzüglichste von dem mitgetheilt, was wir über die Gestalt und Grösse der Erde wissen. Newton kannte diese Bestimmungen noch nicht, da die zu diesem Zwecke angestellten Messungen der Erde erst nach ihm unternommen wurden. Die erste bessere Gradmessung ist die von Picard in Frankreich, der im Jahre 1669, also drei Jahre nach Newton's Aufenthalt in Woolsthorpe, den Grad eines Meridians oder den Breitengrad der Erde gleich 342360 Fuss gefunden hat, woraus folgen würde, dass der Halbmesser der Erde 19615780 Par. Fuss beträgt.

Zwar hatte schon früher, im Jahre 1615, Snellius in Holland durch seine mit vieler Umsicht angestellte Vermessung diesen Grad gleich 330432 Fuss, also zu unserem Zwecke genau genug gefunden, aber Newton scheint von dieser Bestimmung eben so wenig, als von der seines Landsmannes Norwood Nachricht erhalten zu haben, welcher letzte im Jahre 1634 den Breitengrad der Erde gleich 343800 Fuss, also noch genauer als selbst Picard gefunden hatte. Auch mochte er diejenigen Werke, in welchen von diesen damals noch neuen Messungen gesprochen wurde, in der Zurückgezogenheit seines ländlichen Aufent-

halts nicht bei der Hand gehabt, und, einer damals allgemein angenommenen Voraussetzung gemäss, den Erdgrad in runder Zahl zu 60 englischen Meilen angenommen haben. Da man die englische Meile zu 4954.19 Par. Fuss annahm, so betrug danach der Erdgrad nur 297251, und der daraus folgende Halbmesser der Erde nur 17031230 Fuss. Man sieht, dass diese beiden Zahlen beträchtlich, nahe um ihr Siebentheil, kleiner sind, als die oben von Picard's Messungen angeführten Resultate. Multiplicirt man die letzte Zahl mit der oben angegebenen 0.0001609, so findet man 2740.3 Par. Fuss für den Bogen, welchen der Mond in seiner Bahn während jeder Zeitsekunde zurücklegt. — So hatte also Newton diesen Bogen gefunden, abgesehen von einer kleinen Aenderung im Halbmesser der Mondsbahn, die wir uns der Gleichförmigkeit wegen mit anderen Stellen dieses Werkes erlaubten. Allein wenn er, statt seiner fehlerhaften Voraussetzung über die Grösse der Erde, denjenigen Halbmesser derselben, nämlich 19615780 Fuss, gebraucht hätte, den Picard aus seinen Messungen abgeleitet hat, so würde er für diesen Bogen die Grösse von 3156.2 Fuss gefunden haben, welche Zahl wieder nahe um ihr Siebentheil grösser ist, als die vorhergehende.

§. 19. (Anziehung der Erde in grösseren Entfernungen von ihrem Mittelpunkte.) Auf der Oberfläche der Erde fällt, wie wir gesehen haben, jeder Körper in der ersten Sekunde durch 15 Fuss. Wie tief wird er aber in einer Entfernung von zehn, hundert, tausend Meilen von der Oberfläche der Erde, in derselben Zeit von einer Sekunde fallen?

Die Antwort auf diese Frage ist leicht, wenn man das oben (§. 16) betrachtete Gesetz der Abnahme der Anziehungskraft der Erde als richtig voraussetzt. Dieser senkrechte Fall des Körpers zur Erde ist nämlich die reine Wirkung jener Kraft und kann selbst für das eigentliche Mass dieser Kraft genommen werden. Der Fall wird daher für jede in Halbmessern der Erde gegebene Entfernung gleich sein der Zahl 15, dividirt durch das Quadrat dieser Entfernung. Einer der höchsten Berge, die wir kennen, ist ein Pic des Himalaja in Tibet, dessen Höhe 24150 Fuss beträgt. Seine Höhe ist also noch nicht der achthundertste Theil des Erdhalbmessers nach Picard, oder der Gipfel dieses Berges ist 1.0012 Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte der Erde entfernt. Dividirt man die Einheit durch das Quadrat dieser Zahl, so erhält man 0.998, und diess durch 15 multiplicirt, gibt 14.970. Die Körper fallen demnach auf der Spitze dieses Berges in der ersten Sekunde nur durch 14.97 Fuss oder beinahe um $4\frac{3}{10}$ Linien weniger tief als am Niveau des Meeres, oder endlich, wenn die Kraft der Erde an ihrer Oberfläche zur Einheit genommen wird, so ist sie auf dem Gipfel jenes Berges nur mehr 0.998, also um zwei Tausendstel kleiner, als zuvor. Eine so geringe Verschiedenheit konnte allerdings durch unsere Beobachtungen nicht leicht entdeckt werden, daher man auch, zu Newton's Zeiten, die Schwere an allen Orten der Erde gleich gross voraussetzte.

Wenn aber ein Körper um den ganzen Halbmesser der Erde über die Oberfläche derselben gebracht werden könnte, so würde er in dieser Entfernung, die die doppelte von jener an der Oberfläche ist, in einer Sekunde nur mehr durch den vierten Theil von 15 oder nur durch 3.75 Fuss fallen. In einer dreimal so grossen Entfernung, oder in der Distanz von drei Erdhalbmessern von dem Mittelpunkte der Erde wird er durch den neunten Theil jener Grösse, oder nur durch 1.67 Fuss, in

einer zehnmal grösseren Entfernung nur durch den hundertsten Theil, oder durch 0.15 Fuss fallen u. s. w.

Wenn also endlich derselbe Körper bis in den Ort, wo der Mond ist, d. h. wenn er in die Entfernung von 60.2778 Erdhalbmessern von dem Mittelpunkte der Erde gebracht würde, so würde er daselbst in der ersten Sekunde durch 15, dividirt durch das Quadrat von 60.2778, das heisst, er würde in der Gegend des Mondes nur mehr durch 0.00413 Fuss fallen, oder er würde in der ersten Sekunde sich nahe $^6/_{10}$ einer Linie der Erde nähern.

Diess Resultat ist, als Ergebniss der Rechnung, völlig gewiss, wenn anders die obige Voraussetzung, auf welche diese Rechnung gegründet ist, richtig ist, dass nämlich die Attraktionskraft der Erde sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält. Allein, ist diese Voraussetzung auch in der That richtig? — Diess eben soll hier entschieden werden, und zwar durch unmittelbare Beobachtungen, durch Beobachtungen an dem Monde entschieden werden. Wenn uns diese Beobachtungen zeigen könnten, dass der Mond in der That in jeder Sekunde durch 0.00413 Fuss zur Erde fällt, so ist unsere Voraussetzung richtig, und das Gesetz der Anziehung der Erde, das Gesetz der Schwere ist durch Experimente nachgewiesen und muss sonach als wahr erkannt werden.

Wie sollen uns aber die Mondesbeobachtungen zeigen, dass dieser Himmelskörper in der That in jeder Sekunde so viel zur Erde fällt? Wir sehen ihn nicht fallen, und wenn er auch in der That fallen sollte, so haben wir kein Mittel, die Grösse dieses Falls zu messen. Alles, was wir von seiner Bewegung wissen, ist, dass der Bogen, den er in jeder Sekunde um die Erde beschreibt, 2740.3 oder auch 3156.2 Fuss beträgt, je nachdem wir den Halbmesser der Erde nach Newton oder nach Picard annehmen. Was soll aber aus diesem Bogen für den Fall des Mondes zur Erde folgen?

§. 20. (Wirkung dieser Attraktion der Erde auf ruhende und auf bewegte Körper.) Um die letzte Frage zu beantworten, müssen wir in unserer Untersuchung wieder einige Schritte zurückgehen.

Wenn der Mond durch irgend eine mächtige Hand festgehalten, und dann plötzlich losgelassen würde, so müsste er ohne Zweifel in einer geraden Linie zur Erde fallen, und sich ihr, wie wir gesehen haben, in der ersten Sekunde um 0.00413 Fuss nähern, ganz aus demselben Grunde, wegen dessen der Stein auf der Oberfläche der Erde in derselben Zeit durch 15 Fuss fällt, wenn die Hand, die ihn hält, sich wendet und dadurch den Stein seiner bisherigen Unterstützung beraubt. Allein jene unsichtbare Hand, die vielleicht auch vor Zeiten den Mond festgehalten hat, kann sich nicht bloss gewendet haben, als sie den Mond sich selbst oder vielmehr der Wirkung der Erde überliess, sondern sie muss ihn, als sie ihn seinem fernen Schicksale anheim geben wollte, mehr als nur losgelassen, sie muss ihn aus der Hand geworfen haben, und die Richtung dieses Wurfes muss nicht auf die Erde zu-, sondern seitwärts gegangen sein, weil sonst der Mond wieder in einer geraden Linie zur Erde herabgefallen wäre, was er doch nicht gethan hat, da er vielmehr, wie wir sehen, einen Kreis um die Erde beschreibt.

Die Existenz dieser Bahn, die uns vor Augen liegt, führt uns da-

her auf zwei Voraussetzungen, ohne welche jene Bahn sich nicht als möglich denken lässt. Der Mond muss nämlich von zwei verschiedenen Kräften in Bewegung gesetzt werden, von einer ersten ursprünglichen, von einer Wurfkraft, und von der im Mittelpunkte seiner Bahn ruhenden Centralkraft oder von der Anziehungskraft der Erde. Jene ist eine nur im ersten Augenblicke wirkende, gleich der eines Stosses, diese aber eine immerwährend thätige, und noch jetzt in jedem Augenblicke wirkende Kraft. Jene konnte alle möglichen Richtungen haben, nur nicht die gerade zur Erde hin, weil sonst der Mond auf die Erde gefallen wäre; diese aber hatte, und hat noch ihre Richtung gegen den Mittelpunkt der Erde. Jene allein würde den Mond in irgend einer geraden Linie im Weltraume fortgeführt, und diese allein würde ihn ebenfalls in einer geraden, aber zur Erde gerichteten Linie auf diese Erde geworfen haben, und beide zusammen endlich leiten ihn in der krummen Linie, in dem Kreise, den er eben, wie wir sehen, um die Erde beschreibt.

Die Kraft der Erde also erscheint in ihrer Wirkung bei der Bewegung des Mondes nicht mehr rein, sondern mit der Wirkung jener Wurfkraft, jenes Stosses vermischt, welchen der Mond im Anfange seiner Bewegung erhalten haben muss, damit er die Bahn, die wir an ihm beobachten, in der That beschreiben kann. Es wird daher, ehe wir an die eigentliche Auflösung unseres Problems gehen, nothwendig sein, diese Mischung wieder aufzuheben und aus der so zusammengesetzten Bewegung des Mondes denjenigen Theil herauszusuchen, der, so wie jener Fall des Steines, bloss der Anziehung der Erde angehört.

Zu diesem Zwecke werden wir also die Wirkung dieser Anziehung der Erde, welche sie auf schon bewegte Körper äussert, untersuchen müssen. Glücklicherweise können wir diese Untersuchung auf der Oberfläche der Erde alle Tage, und ohne alle Mühe anstellen. Wir sehen den Stein und überhaupt jeden Körper, wenn er aus der ruhenden Hand gelassen wird, senkrecht zur Erde fallen. Allein, wenn er von derselben Hand geworfen wird, so sehen wir ihn nicht mehr in gerader Linie senkrecht fallen, sondern gleich dem Monde, eine krumme Linie beschreiben, offenbar aus demselben Grunde wie oben, nämlich, weil hier die zwei Kräfte auf ihn wirken, die augenblickliche Kraft des Wurfs oder der erste Stoss der Hand und die immer thätige Anziehungskraft der Erde. Wir bemerken ferner, dass die krumme Linie, die er auf diese Weise beschreibt, desto länger, je grösser jene erste Kraft ist, mit welcher ihn die Hand geworfen hat. Die Kugeln unserer Feuergewehre geben uns davon eben so bekannte als auffallende Beispiele. Diese Maschinen treiben die von ihnen geworfenen Körper oft sehr weit über die Erde hin, und unsere Kanonenkugeln beschreiben, ehe sie wieder zur Erde fallen, einen desto längeren Bogen über derselben, je stärker die Ladung ist, mit welcher sie abgeschossen wurden. Und was hindert uns, anzunehmen, dass eine noch viel stärkere Ladung sie noch viel weiter, sie endlich ganz um die Erde herum treiben würde, so wie auch vielleicht der Mond von einer solchen ersten hinlänglich starken Kraft um die Erde getrieben wird?

Diese beiden Dinge sind offenbar so ähnlich, und einander in einem so hohen Grade analog, dass wir nur das eine derselben, den Stein oder die Kugel, deren Spiel in unserer Nähe vorgeht, näher be-

trachten dürfen, um das, was wir an ihm gefunden haben, auch sogleich auf das zweite, auf den Mond, übertragen zu können.

§. 21. (Fall der auf der Oberfläche der Erde geworfenen Körper.) Denken wir uns demnach vor einer horizontal aufgestellten Kanone eine vertikale Wand in einer solchen Entfernung von der Mündung des Geschützes, dass die Kugel, wenn sie diese Mündung verlässt, jener Wand genau in der Zeit von einer Sekunde begegne. Bemerken wir überdiess zuerst denjenigen Punkt der Wand, der mit dem Mittelpunkte der Mündung in derselben Höhe liegt, oder den Punkt, welchen die Kugel treffen würde, wenn sie sich genau in horizontaler Richtung bewegen, wenn sie, während ihres Laufes, von der Erde nicht angezogen würde. Bemerken wir dann aber auch, nach dem Schusse, denjenigen Punkt der Wand, wo sie von der Kugel in der That getroffen worden. — Wo wird dieser zweite Punkt liegen? — Genau 15 Fuss unter dem ersten, also genau eben so viel, als die Kugel in dieser ersten Sekunde frei gefallen wäre, wenn man sie, statt sie aus der Kanone zu schiessen, bloss aus der umgewendeten Hand hätte fallen lassen.

Was sollen wir aus dieser merkwürdigen Uebereinstimmung schliessen? — Offenbar, dass, wenn zwei Kräfte auf einen Körper wirken, jede derselben die gleiche Veränderung in ihm hervorbringt, die sie hervorgebracht haben würde, wenn sie allein auf ihn gewirkt hätte, oder wenn die andere gar nicht da gewesen wäre. Vermöge des Wurfes der Hand geht der Stein in der Richtung dieses Wurfes um dieselbe gerade Linie fort, die er wirklich beschreiben würde, wenn die Erde keine anziehende Kraft hätte. Und vermöge dieser letzten Kraft fällt er ganz ebenso in senkrechter Richtung zur Erde, als er gefallen sein würde, wenn jener Wurf der Hand nicht stattgehabt hätte, wenn vielmehr der Stein nur aus der ruhenden Hand gefallen wäre. Beide Kräfte zusammen aber bewirken die krummlinige Bahn dieses Steines, deren jedes noch so kleine Theilchen, jedes Element, aus dem Elemente jener geraden Wurflinie und aus dem dieser senkrechten Falllinie zusammengesetzt ist.

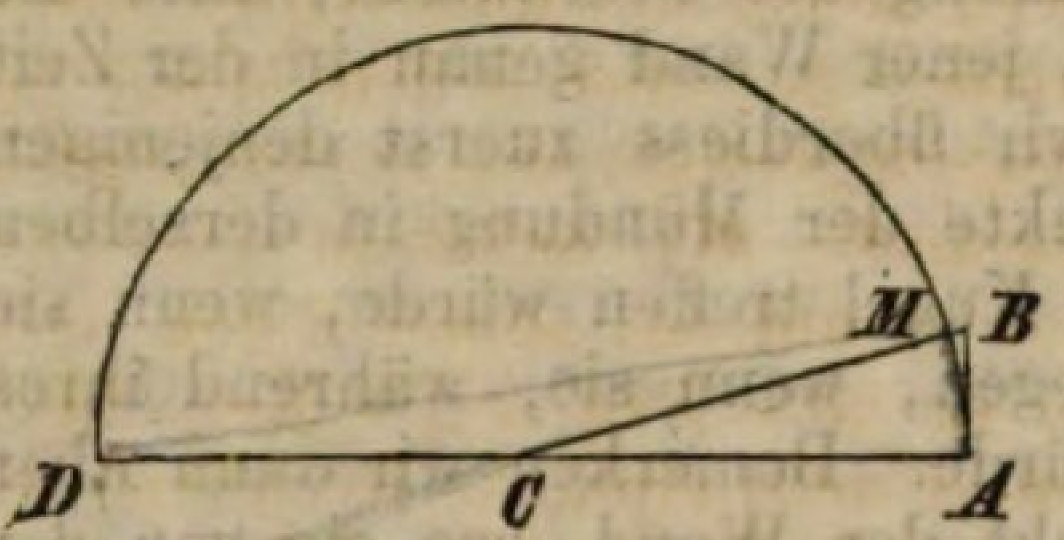
Dasselbe wird also auch von dem Monde gelten und unmittelbar auf ihn angewendet werden können. Die gerade Linie, in welcher er sich vermöge seiner ursprünglichen Wurfkraft zu bewegen sucht, wird die auf den Halbmesser seines Kreises senkrechte Tangente sein, in welcher er jeden Augenblick von der Erde fortgehen will und auch in der That fortgehen würde, wenn die Anziehung der Erde ihn nicht zurückhielte. Und diese Anziehung der Erde wird wieder die kleine gerade Linie sein, um welche er, indem er die Richtung jener Tangente verlässt, in jeder Sekunde der Erde näher rückt oder eigentlich zu ihr hinfällt.

Welches ist aber diese letzte gerade Linie, um welche sich der Mond in jeder Sekunde der Erde nähert? —

§. 22. (Anwendung des Vorhergehenden auf den Mond.) Sei *C* Fig. 103 der Mittelpunkt der Erde, und zugleich jener der Mondsbahn *AMD*. Indem der Mittelpunkt *A* des Mondes diesen Punkt *A* seiner Bahn verlässt, um seinen Weg fortzusetzen, wird er, wenn keine andere Kraft auf ihn wirkte, nicht anders, als in der Richtung, die er bei seiner Ankunft in *A* hatte, d. h. er wird in der geradlinigen Tangente *AB* seiner Bahn, die auf seinem Radius *CA* senkrecht steht, fortgehen. Allein da er zugleich

von der Erde angezogen wird, so kann er, am Ende der ersten Sekunde, nicht in dem Punkte *B* dieser Tangente, sondern er muss in irgend einem der Erde *C* näheren Punkte, nämlich in dem Punkte *M* seiner kreisförmigen Bahn sein, ganz eben so, wie vorhin die Kugel der ihr gegenüberstehenden Wand nicht in dem horizontalen Visirpunkte, sondern in einem anderen, tieferen Punkte begegnete. Auf dieselbe Weise begegnet nämlich jetzt der Mond dem ihm gegenüberstehenden Halbmesser *CB* oder dieser seiner Wand nicht in dem Visirpunkte *B*, sondern in dem der Erde näheren Punkte *M*, und die Distanz dieser beiden Punkte, das heisst die kleine Linie *BM* ist es, um welche der Mond in der ersten Sekunde, seit er von *A* ausging, zur Erde fiel, und um welche er auch in der That schon von dem Punkte *A* aus gefallen sein würde, wenn bloss die Anziehung der Erde, ohne jede Wurfkraft, auf ihn gewirkt hätte.

Fig. 103.



Diese kleine Linie *BM* also, die den eigentlichen Fall des Mondes zur Erde während jeder Sekunde ausdrückt, diese ist es, deren Grösse wir nun bestimmen sollen, um zu sehen, ob sie mit derjenigen übereinstimmt, die wir oben aus unserer Voraussetzung abgeleitet haben, wo wir fanden, dass der Mond in jeder Sekunde um 0.00413 Fuss zur Erde fallen soll.

Allein wie soll man diese Grösse *BM* finden? — Wir kennen von der Mondsbahn bloss die Grösse des Halbmessers *CA* oder *CD* und die Grösse des Bogens *AM* seiner Bahn, den der Mond in jeder Sekunde zurücklegt.

§. 23. (Berechnung des Falls des Mondes gegen die Erde.) Die ersten und einfachsten Elemente der Geometrie reichen hin, zu zeigen, dass diese Grösse *BM* gleich ist dem Quadrate des Bogens *AM* dividirt durch den Durchmesser *AD* des von dem Monde beschriebenen Kreises, d. h. durch die doppelte Entfernung des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde.

Nehmen wir nun, nach Picard's Messung, den Halbmesser der Erde gleich 19615780 Fuss an, so ist, wie wir oben gesehen haben, der Bogen *AM* gleich 3156.1 Fuss, und da die Entfernung des Mondes von der Erde 60.2778 Erdhalbmesser beträgt, so ist die gesuchte Linie *BM*, um welche der Mond in einer Sekunde zur Erde fällt, gleich dem Quadrate von 3156.1, dividirt durch das Produkt von 60.2778 in 39231560, das heisst, gleich 0.00417 Fuss, also bis auf eine hier ganz unmerkliche Differenz genau so gross, als wir soeben aus der Voraussetzung gefunden haben, dass die Kraft der Erde sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte, und dass diese Kraft, welche die Körper auf der Oberfläche der Erde fallen macht, dieselbe ist, welche auch den Mond um die Erde bewegt.

Diese Uebereinstimmung ist der schönste Beweis für die Richtigkeit der Voraussetzung, welche auf diese Weise durch eine unmittelbare Beobachtung der Natur, durch die Bestimmung der Grösse der Erde und der Umlaufszeit des Mondes bestätiget war, und an deren Wahrheit man daher nicht weiter zweifeln konnte. Aber einmal dahin gekommen, war es nun leicht, durch Induktion oder Analogie den gefun-

denen Satz auch auf die übrigen Körper des Himmels auszudehnen und anzunehmen, dass auch die Planeten in ihren Bewegungen um die Sonne durch eine ähnliche, dieser Sonne inwohnende Kraft, die sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, bewegt werden. In der That boten sich auch bald, wie wir weiter unten sehen werden, Beobachtungen in Menge dar, welche diese Erweiterung der durch den Mond gemachten Entdeckung auf die schönste und genügendste Weise bestätigten.

§. 24. (Newton's Fehler in der Berechnung dieser Kraft.) Wir haben in dem Vorhergehenden, um den Zusammenhang nicht zu stören, sogleich den nahe wahren Werth des Erdhalbmessers, wie er aus Picard's Messungen hervorgeht, angenommen, und so durch eine sehr einfache Rechnung die Bestätigung unserer früheren Vermuthung gefunden. Wir haben nämlich, um das Ganze noch einmal mit anderen Worten darzustellen, gefunden, dass man auf zwei ganz verschiedenen Wegen immer denselben Werth für den Fall des Mondes gegen die Erde erhält, mag man ihn aus dem beobachteten Falle der Körper an der Oberfläche der Erde, oder aus der beobachteten Umlaufszeit und der Entfernung des Mondes um die Erde ableiten, und eben diese Uebereinstimmung der beiden durch so verschiedene Mittel erhaltenen Resultate verbürgt uns die Richtigkeit der Annahme, auf welche diese Rechnung gegründet ist.

Allein Newton hatte grössere Schwierigkeiten, sich von der Wahrheit seiner Voraussetzung zu überzeugen. Man sieht aus allem Vorhergehenden, dass die Rechnungen, welche geführt werden mussten, um die Richtigkeit der ihnen zu Grunde gelegten Hypothesen zu bestätigen, die genaue Kenntniss der Grösse des Erdhalbmessers voraussetzten, und eben diese war es, die ihm fehlte. Er nahm, wie wir oben gesagt haben, den Halbmesser der Erde gleich 17031230 Fuss, also viel zu klein an, daher er auch den Bogen AM (Fig. 103) gleich 2740.3, also ebenfalls zu klein gefunden hatte. Nach diesen Annahmen würde der Fall des Mondes während einer Sekunde gleich dem Quadrate von 2740.3, dividirt durch das Produkt von 60.2778 in 34062460, das heisst, gleich 0.00366 Fuss sein. Es sollte aber, wenn die Voraussetzung richtig ist, gleich 0.00413, also nahe ein Siebentheil grösser sein. Diese Differenz war zu beträchtlich, als dass sie zugelassen werden konnte.

Man sieht diess in der That besser, wenn man aus dieser, von Newton gefundenen Grösse von $BM = 0.00366$ wieder auf den Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde rückwärts schliesst. Da nämlich die Entfernung des Mondes von der Erde 60.2778 Halbmesser der Erde beträgt, so müsste, wenn Newton's Bestimmung der Grösse BM auch nur beinahe richtig gewesen wäre, der Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde während einer Sekunde gleich dem Quadrate von 60.2778 multiplicirt in diese Zahl 0.00366, das heisst, er müsste nahe gleich 13.3 Fuss sein. Allein unseren Beobachtungen zufolge beträgt dieser Fall 15.1 Fuss, und diese Bestimmung ist, wie Newton sehr wohl wusste, so genau, dass sie kaum ein Zehntheil eines Fusses, nicht aber beinahe volle zwei Fuss von der Wahrheit abweichen konnte, wie denn in der That die Picard'sche Date für den Erdhalbmesser auf dieselbe Zahl 15.1 zurückführt.

§. 25. (Folgen, die er aus dieser Differenz ableitete.) Newton hätte vielleicht aus dieser Nichtübereinstimmung seiner Rechnung mit den Beobachtungen den Schluss ziehen können, dass irgend eines der seinen Rechnungen

zu Grunde gelegten Elemente, der Halbmesser der Erde oder die Umlaufszeit oder die Entfernung des Mondes in Erdhalbmessern ausgedrückt, nicht ganz richtig sei, und daher noch einer Verbesserung bedürfe. Allein unglücklicherweise vertraute er diesen von Andern geborgten Resultaten zu sehr und setzte dafür das Misstrauen, welches sie verdient hätten, bloss auf seine Schlüsse oder vielmehr auf die Hypothese, die er seinen Schlüssen zu Grunde legte, und von der er sich, wie er nun einzusehen glaubte, zu viel versprochen hatte. Es ist also wohl ganz unrichtig, sagte er zu sich selbst, was ich anfangs für so wohl begründet hielt; es ist unrichtig, dass dieselbe Kraft, die den Stein zur Erde fallen macht, auch den Mond um sie bewegt, oder es ist doch, wenn es auch so wäre, unrichtig, dass diese Kraft sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält. Diess brachte ihn auf die Idee, dass bei diesen Erscheinungen der Natur wohl noch ganz andere Kräfte mit im Spiele seien, und er liess sich sogar, wie er später seinen Freunden gestand, zu der Meinung verleiten, dass die Wirbeltheorie seines Vorgängers Descartes, die er früher als ganz unstatthaft verworfen hatte, und die so gar nichts an sich hatte, was einen Mann von seinem Geiste länger festhalten konnte, doch nicht so ganz verworfen werden sollte. Da aber diese wunderlichen Wirbel der Art waren, dass sie sich keiner eigentlichen Berechnung, die doch hier allein entscheiden konnte, unterwerfen liessen, so brach Newton alle weiteren Untersuchungen über diesen Gegenstand gänzlich ab, und hielt seine frühere Idee für einen von den vielen misslungenen Versuchen, die das Forschen nach Wahrheit, auch bei Männern seiner Art, so oft zu hindern und aufzuhalten pflegen, so dass er diese seine Beschäftigung mit unnützen Spekulationen, denn als solche erschienen sie ihm, mehrere Jahre durch selbst vor seinen näheren Freunden verheimlichte.

§. 26. (Weitere Versuche Newton's, seine Absichten zu erreichen.) Wäre die Sache in diesem Zustande geblieben, so würde vielleicht bis heute noch unsere ganze Astronomie auf der Stufe, auf welche sie Kepler erhoben hatte, das heisst im Grunde doch nur auf der Stufe ihrer Kindheit stehen.

In der That war wenig Hoffnung zu einer Verbesserung dieses Zustandes der Wissenschaft. Denn als Newton nach der Epidemie, welche die Umgegenden Cambridge's verheert hatte, in diese Stadt zurückkehrte, überliess er sich ganz wieder seinen optischen Untersuchungen, die ihn schon früher zu so schönen Entdeckungen geführt. Volle zwölf Jahre kam er nicht mehr auf jenen Gegenstand zurück, den er, wie es schien, für immer aufgegeben hatte. Im Jahre 1678 erhielt er von der Londoner Akademie den Auftrag, seine Ansicht über ein Werk der physischen Astronomie mitzutheilen, das damals einiges Aufsehen gemacht hatte, und das jetzt ganz vergessen ist. Er kam diesem Wunsche in einem Briefe an Hooke, Sekretär dieser Societät, nach, in welchem er auch gelegentlich von einer ihm erst kürzlich beigefallenen Idee sprach, die Rotation der Erde durch unmittelbare Beobachtungen zu beweisen. Zu diesem Zweck schlug er das nun allgemein bekannte Experiment mit von hohen Thürmen fallenden Körpern vor (vergl. *I.* §. 20) und behauptete, dass diese Körper, wegen der Rotation der Erde, östlich von dem Thurme zu Boden fallen müssen, weil sie vor ihrem Falle die Geschwindigkeit der Spitze des Thurmes haben, die grösser ist, als die

des Fusspunktes desselben. Die Akademie setzte einen grossen Werth auf diesen Vorschlag, und trug Hooke, der als ein genauer Beobachter bekannt war, die Ausführung desselbeu auf. Als dieser anfing, sich mit dem Gegenstande zu beschäftigen, bemerkte er, dass der Körper nicht bloss östlich, sondern auch, in der nördlichen Hemisphäre, etwas südlich von dem Fusse des Thurmes zur Erde kommen müsse. In der That hat man auch in den späteren Zeiten durch genauere Rechnungen dieses Resultat vollkommen bestätigt gefunden. Das höchste Gebäude, welches bisher durch Menschenhände errichtet worden ist, die grosse Pyramide zu Kairo, von 450 Fuss Höhe, würde nach Laplace' und Gauss' theoretischen Untersuchungen dieses Gegenstandes, die östliche Ausweichung der von ihrer Spitze fallenden Körper 12.36 Linien, und die südliche 0.002 Linien geben. Obschon die letzte so gering ist, dass sie durch Beobachtungen nicht mehr bestimmt werden kann, so ist sie demungeachtet nicht weniger als jene in der Theorie begründet, und Newton erkannte auch sofort die Richtigkeit der Bemerkung. In seiner Antwort an Hooke setzte er hinzu, dass er diese Sache seitdem noch näher untersucht und gefunden habe, dass der Weg des fallenden Körpers bei der rotirenden Erde eine Art von Spirale sein müsse.

Allein auch diese Bemerkung wollte Hooke nicht gelten lassen. Er schrieb nämlich nach einiger Zeit an Newton zurück, dass nach seinen über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen die krumme Linie, in welcher der Körper bei einer rotirenden Erde fällt, eine Ellipse sei, wenn anders die Kraft der Erde sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte, und die Bewegung des Körpers im freien Raume vor sich gehe.

Man findet nicht, dass Newton auf diese zweite Verbesserung Hooke's geantwortet habe. Aber er erkannte ohne Zweifel die Richtigkeit derselben. Sie gab ihm sogar, wie er selbst in einem späteren Briefe an Halley vom 27. Juli 1686 gesteht, Veranlassung der Sache weiter nachzuforschen, und dadurch ein sehr wichtiges Theorem zu entdecken, welches eigentlich nur eine Erweiterung des von Hooke gefundenen Satzes war. Er fand nämlich, dass, wenn ein durch eine Centralkraft getriebener Körper in einer Ellipse einhergeht, und wenn diese Kraft in einem der Brennpunkte der Ellipse ihren Sitz hat, dass dann diese Kraft sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung des Körpers von diesem Brennpunkte verhält. Da nun schon lange vorher durch Kepler ausgemacht war, dass die Planeten Ellipsen beschreiben, in deren einem Brennpunkte die Sonne ruht, so war auch dadurch das Gesetz der Attraktion der Sonne gefunden. Allein diese Entdeckung gehört einer späteren Epoche an, wenigstens machte sie Newton erst fünf Jahre nachher, im Jahre 1683, der königl. Akademie in London, und erst 1687 öffentlich bekannt. Als er jenen Brief Hooke's erhielt, wagte er es noch nicht, diese vielleicht nur geahnte, aber nicht bewiesene Entdeckung als das eigentliche Gesetz der Natur aufzustellen. Das Misslingen seines ersten Versuchs, den er vor dreizehn Jahren angestellt hatte, um die Bewegung des Mondes mit jener der fallenden Körper in Uebereinstimmung zu bringen, machte ihn schüchtern und verbreitete Zweifel und Ungewissheit über alle seine Spekulationen dieser Art, so wie es ihn auch abhielt, die Resultate seiner bisherigen Untersuchungen bekannt zu machen, bevor er sie nicht von allen Seiten geprüft und die

Wahrheit derselben durch Rechnung über allen Zweifel erhoben hatte. Diese vielleicht zu weit getriebene Vorsicht verwickelte ihn hier, so wie beinahe in allen seinen anderen grossen Entdeckungen, in weitläufige und oft sehr unangenehme Streitigkeiten mit den Rivalen seines Ruhmes. Wenn diese vielleicht nur scheinbare Aengstlichkeit aus der Individualität des seltenen Mannes hervorging, so kann sie doch zugleich als ein Beweis seiner höheren Kraft und tieferen Erkenntniss angesehen werden, die selbst da noch Mängel und Hindernisse erblickt, wo der gewöhnliche gute Kopf nichts mehr sieht und kühn den Sprung wagt, der ihn zum Ziele führen soll. Hätte er aber auch die Richtigkeit jenes Satzes schon früher eingesehen, so wusste er doch gewiss damals noch nicht den umgekehrten Satz zu beweisen, dass nämlich, wenn die Kraft der Sonne sich verkehrt wie das Quadrat der Geschwindigkeit verhält, dann auch die Bahnen der Planen Ellipsen oder überhaupt krumme Linien der zweiten Ordnung (*I.* Abth. Kap. 9) sein müssen. Zu jenem gehört nur Differentialrechnung, zu diesem aber ist der Integralcalcul nothwendig, der damals noch kaum geboren war. Diesem gemäss blieb es also noch immer zweifelhaft, ob nicht auch andere der Sonne inwohnende Kräfte ebenfalls solche elliptische Bahnen erzeugen können, wie denn diess auch in der That der Fall ist, da z. B., wenn die Kraft der Sonne sich wie die Entfernung selbst verhält, also mit ihr im gleichen Verhältnisse zu- und abnimmt, diese Bahnen ebenfalls Ellipsen sind, nur mit dem Unterschiede, dass dann die Sonne nicht in einem der Brennpunkte, sondern in dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte dieser Ellipsen ihren Sitz hat. Endlich, wenn man auch zugeben wollte, dass die Sache auf theoretischem Wege richtig und vollständig erwiesen sei, so handelt es sich hier nicht sowohl um ein wissenschaftliches Theorem, um einen Satz der Schule, sondern um eine, und zwar um eine sehr grosse und weit verbreitete Erscheinung der Natur. Die letzte aber wird nicht durch Spekulationen, sondern durch Beobachtungen befragt und so sinnreich und kunstvoll auch unsere Erklärung ihrer Phänomene sein mag, so ist doch der eigentliche Prüfstein der Wahrheit solcher Hypothesen immer nur die Uebereinstimmung derselben mit den Beobachtungen, und an diesem letzten und besten Beweise musste es ihm so lange fehlen, als er jenen ersten Versuch mit dem Monde und dem fallenden Steine nicht zu den gelungenen zählen durfte.

§. 27. (Endliche Entdeckung seines Irrthums.) Er liess also alle weiteren Untersuchungen dieses Gegenstandes zum zweiten Male fallen, da er sie nur als leere, von den Beobachtungen nicht unterstützte Spekulationen betrachtete, und er würde sie vielleicht nie mehr aufgenommen haben, wenn er nicht volle sechszehn Jahre nach jenem ersten Versuche durch einen Zufall wieder darauf zurückgeführt worden wäre.

Es war im Juni des Jahres 1682, als er in dem Hause der Akademie zu London, unter den früher Angekommenen, auf die für diesen Tag angesagte Versammlung wartete. Man sprach hier unter Anderem auch von einer neuen Gradmessung, die kurz zuvor ein gewisser, damals noch wenig bekannter Picard in Frankreich ausgeführt hätte, und eines der Mitglieder zeigte ein von ihm erhaltenes Schreiben vor, in welchem die Resultate dieser Vermessung enthalten waren. Newton nahm eine Abschrift dieser Zahlen und hörte dann den folgenden Vor-

trägen der Akademie mit ungetheilter Aufmerksamkeit zu. Nach geendeter Sitzung wieder in seiner Wohnung angekommen, suchte er seine alten Rechnungen von dem Jahre 1666 hervor, um sie mit den Zahlen jenes Briefes zu vergleichen. Er bemerkte bald, dass er sich der so lange gewünschten Erfüllung seines Wunsches nähere; mit jeder Ziffer wurde es ihm gewisser, dass er an dem Vorabende einer grossen Entdeckung stehe — aber jetzt wurde er auch von einem so heftigen Beben seiner Nerven ergriffen, dass er die angefangene Rechnung nicht vollenden konnte. In diesem Zustande vertraute er sich einem eben eintretenden Freunde, der den Griffel wieder aufnahm und die Rechnung zu Ende brachte.

Wir haben bereits oben gezeigt, wie Picard's Messungen in der That sehr gut mit Newton's Voraussetzung übereinstimmten, und wie eben dadurch der so lange gesuchte Beweis der Richtigkeit derselben endlich gefunden war. — Es möchte schwer sein, den Eindruck zu schildern, den dieses Resultat auf einen solchen Geist hervorbringen musste. Mit eins öffnete sich nun das ganze Weltall vor seinem Blicke: die Sonne mit ihren Planeten und Kometen, diese Planeten selbst mit ihren Satelliten, kurz das ganze, dem menschlichen Auge bisher verschleierte Sonnensystem stand nun in seiner inneren, wundervollen Einrichtung, und mit dem alle seine Bewegungen regelnden Gesetze klar und deutlich vor Newton's Augen.

§. 28. (Nächste Folge dieser Entdeckung.) Nachdem sich nun Newton von der Wahrheit seiner ersten Ansicht überzeugt, nachdem er das grosse Gesetz der Natur, dass nämlich alle Körper sich verkehrt wie das Quadrat ihrer Entfernungen anziehen, gefunden, und durch die Erscheinungen der Natur selbst nachgewiesen hatte, ging er mit neuer Kraft an alle die früheren Versuche, die er über diesen wichtigen Gegenstand von Zeit zu Zeit angestellt hatte. Er suchte sie unter einander zu verbinden, und aus ihnen die Erklärungen aller übrigen Phänomene des Himmels abzuleiten. Er sah bald, dass sich aus der Anwendung des von ihm entdeckten Gesetzes nicht nur die elliptische Bewegung der Himmelskörper, sondern auch noch eine grosse Anzahl von andern Erscheinungen derselben, von welchen man bisher keinen Grund angeben konnte, würde ableiten lassen. Allein diese Ableitung, diese weitere Entwicklung jenes obersten Naturgesetzes erforderte einen noch viel höheren Aufwand von geistiger Kraft, als selbst jene Entdeckung, und sie ist es eigentlich, wodurch er seine wahre Grösse beurkundet hat.

Vier Jahre beschäftigte er sich unablässig mit diesen wichtigen und schwierigen Forschungen, deren Resultate er endlich im Jahre 1686, also erst zwanzig Jahre nach seiner ersten Idee, in seinem unsterblichen Werke: *„Principia philosophiae naturalis mathematica“*, bekannt machte.

§. 29. (Kurze Inhaltsanzeige der Principien.) Dieses Werk, eines der grössten, die der menschliche Geist hervorgebracht hat, handelt zuerst von den krummen Linien, welche die Körper beschreiben, wenn sie von gegebenen Kräften getrieben werden. Unter diesen Problemen wird der Fall der Natur, wo die Centralkraft sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, mit aller Umständlichkeit besonders betrachtet. Ferner wird gezeigt, dass bei diesem Naturgesetze die Anziehung der Kugeln auf äussere Punkte sich so verhalte, als wäre ihre an-

ziehende Kraft, die doch jedem Elemente ihrer Masse zukommen muss, in dem Mittelpunkte dieser Kugeln vereiniget. Dadurch wird es erlaubt, die himmlischen Körper, so gross sie auch an sich sein mögen, in der Rechnung nur als Punkte zu betrachten und sich daher die dabei vorkommenden, sonst unübersteiglichen Schwierigkeiten ungemein abzukürzen. Da jene anziehende Kraft nicht nur der Sonne, sondern überhaupt allen Körpern zukommt, so werden nicht bloss die Planeten von der Sonne, sondern sie werden auch von einander selbst angezogen, und daher kommt es, dass die Ellipse, welche jeder Planet, wenn er allein da wäre, um die Sonne beschreiben würde, durch die Attraktion der anderen Planeten oft sehr merklich gestört, und in eine andere sehr verwickelte krumme Linie verwandelt wird. Glücklicherweise sind diese Planeten alle so klein gegen die Sonne, und überdiess durch so grosse Zwischenräume von einander getrennt, dass diese Störungen nur gering sind, und dass man sich ohne merklichen Fehler erlauben kann, die Störungen jedes Planeten durch jeden andern, einzeln betrachtet, zu untersuchen. Wäre diess nicht der Fall, so würde man alle Störungen, welche jeder Planet von allen andern zugleich erleidet, berechnen müssen, und dann würden die Schwierigkeiten so gross sein, dass sie die Kräfte unserer gegenwärtigen, und wahrscheinlich auch die aller künftigen Analyse weit überstiegen. Bei dieser Einrichtung unseres Sonnensystems aber reicht es vollkommen zur Theorie der Bewegung eines Planeten hin, wenn man zuerst die reinen elliptischen Elemente (*I.* Kap. 10.) desselben, und dann die Störungen sucht, welche derselbe durch jeden andern Planeten, einzeln betrachtet, erleidet. Auf diese Weise ist die Untersuchung auf das sogenannte Problem der drei Körper zurückgebracht, d. h. auf die Bestimmung der Bewegung eines Planeten, der von der Sonne angezogen, und von einem anderen, gegen die Sonne viel schwächeren Planeten, in seiner Bewegung etwas gestört wird. Auch in dieser Beschränkung bleibt diese Aufgabe noch immer eine der schwierigsten der ganzen Astronomie. Newton hat sie nicht erschöpft, wie sie denn auch in unsern Tagen noch immer nicht als vollendet betrachtet werden kann, so weit man auch in derselben bereits vorgerückt ist. Aber er hat, wie beinahe in allen grossen Fragen dieser Wissenschaft, die seit ihm die ersten Geometer beschäftigten, er hat die Grundzüge, die ersten und schwersten Schritte zur Auflösung derselben angegeben.

Die weitere Entwicklung desselben Naturgesetzes gab ihm auch Mittel an die Hand, die Massen der Sonne und der Planeten, die Dichtigkeiten derselben und die Grössen zu bestimmen, durch welche auf der Oberfläche derselben die Körper in der ersten Sekunde fallen, und so Fragen zu beantworten, welche die Alten sich, vernünftigerweise, nicht einmal stellen konnten. So konnte er z. B. Masse und Dichte der Sonne im Verhältnisse zur Erde, die Fallhöhe der Körper auf der Sonne und den Planeten finden.

Die grosse Abplattung Jupiters, die kurz zuvor Cassini entdeckt hatte, brachte Newton auf die Untersuchung der Ursache derselben, und dadurch auf die Bestimmung der wahren Gestalt der Erde, die auch, wenn gleich viel weniger als jener Planet, an ihren Polen abgeplattet ist. Er fand, dass die aus der Rotation der Erde entstehende Centrifugalkraft an dem Aequator den 289sten Theil der Schwere be-

trägt, dass der Halbmesser des Aequators sich zu der halben Rotationsaxe der Erde wie 230 zu 229 verhält, und dass die Gestalt der Erde die eines Körpers ist, der durch die Rotation einer Ellipse um ihre kleine Axe entsteht.

Newton zeigte ferner, dass die wunderbaren Erscheinungen der Ebbe und Fluth des Meeres eine blosse Wirkung der Attraktion des Mondes, verbunden mit jener der Sonne sind, und lehrte die Grösse und Zeit derselben bestimmen. Er erklärte die grösseren Ungleichheiten der Mondbewegung, vorzüglich die Evektion, Variation und die jährliche Gleichung (*I.* §. 171) aus dem von ihm entdeckten Naturgesetze, und zeigte, dass sie ebenso eine blosse Folge dieses Gesetzes sind, wie die schnelle Bewegung der Knoten und der Apsiden (*I.* §. 167) dieses Satelliten. Selbst die Präcession der Nachtgleichen (*I.* §. 188) stellte er, den Beobachtungen gemäss, aus diesem Gesetze, d. h. aus der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die an ihren Polen abgeplattete Erde dar. Die Kometen betrachtete er als Himmelskörper, die in eben so regelmässigen Bahnen wie die Planeten um die Sonne gehen, und er lehrte uns die Elemente dieser Bahnen aus den Beobachtungen berechnen, wovon er selbst ein Beispiel für den merkwürdigen Kometen d. J. 1680 gab. Ueberdiess findet man noch in demselben Werke zum ersten Male die vorzüglichsten Lehren unserer Hydrostatik und Hydrodynamik oder die Theorie des Gleichgewichts und der Bewegung der Flüssigkeiten; tiefe und schwierige Untersuchungen über die Bewegungen fester Körper in flüssigen und luftförmigen Mitteln, über den Widerstand, welchen sie von diesen Mitteln erleiden, über die Gestalt der Körper, bei welcher dieser Widerstand am kleinsten ist, über die Bewegung der Pendel und der geworfenen Körper in widerstehenden Mitteln, über die Fortpflanzung des Schalls in der Luft, über die Bewegung des Wassers in Röhren und Kanälen, über die Wirkungen des Lichts auf die Elemente der Körper u. s. w.

Diess eine kurze Uebersicht des Inhalts jenes unsterblichen Werkes. Die Grösse des Gegenstandes, den es behandelt, die edle Einfachheit des darin aufgestellten Systems, der Scharfsinn, mit welchem diese schweren Untersuchungen durchgeführt werden, und die Sicherheit, auf Rechnung gegründete Sicherheit der darin aufgestellten Resultate verleihen den »Principien« einen für alle kommenden Jahrhunderte dauernden Werth.

§. 30. (Erste Aufnahme dieses Werkes.) Dieser grossen Vorzüge ungeachtet fand das Werk durch mehr als fünfzig Jahre nicht die allgemeine, günstige Aufnahme, die sie in so hohem Grade verdienten; es musste vielmehr lange mit allen den Schwierigkeiten kämpfen, die sich der Einführung jeder neuen Wahrheit entgegenzusetzen pflegen. Die Irrthümer und Vorurtheile vergangener Jahrhunderte hatten sich selbst der besseren Köpfe bemächtigt, und diese waren es vorzüglich, welche der Aufnahme desselben widerstrebten, denn die Andern verstanden es nicht. Die sonderbare, von Descartes aufgestellte Philosophie, die alle Erscheinungen der Natur durch Wirbel erklären wollte, hatte ihre Herrschaft über ganz Europa verbreitet, und Alle eilten, sich für ein System zu erklären, das mehr für die Imagination, als für den Verstand gemacht war, und das die Meisten desto leichter zu verstehen glaubten, je weniger sie es in der That verstanden, oder je weniger sie sich von

dem Grunde dieses Glaubens eine genügende Rechenschaft geben konnten. Newton's Theorie im Gegentheile war ganz und allein für den Verstand berechnet, und der Vortrag desselben war so kurz und erforderte von dem Leser so viele Vorkenntnisse und Fassungskraft, dass von allen seinen Zeitgenossen kaum zwei oder drei gefunden werden konnten, von denen man sagen durfte, sie seien im Stande gewesen, das Werk vollkommen zu verstehen. Er wählte in diesem Buche den synthetischen Vortrag der alten griechischen Geometer, für welchen er sein ganzes Leben durch eine besondere Achtung gehegt hatte. Allein es scheint, dass er die von ihm gemachten Entdeckungen nicht auf diesem, an sich sehr schwierigen, sondern dass er sie auf dem viel leichteren Wege der mathematischen Analyse gemacht, und dann nur wieder in die Sprache jener Synthese übertragen habe. Man muss es bedauern, dass er für die Mittheilung diesen Weg gewählt, dass er bei Auseinandersetzung seiner Entdeckungen nicht die Mittel angegeben hat, welche ihn dazu führten, und dass er die Beweise mehrerer seiner Theoreme gänzlich unterdrückte, weil er, wie es scheint, das Vergnügen sich mühsam errathen zu lassen, dem Zwecke seine Leser aufzuklären vorgezogen hat. Die Kenntniss der Methode, die das Genie zu seinen Entdeckungen führt, ist oft nicht weniger interessant und lehrreich zugleich als diese Entdeckungen selbst.

§. 31. (Einfachere Ableitung des allgemeinen Gesetzes.) Da das Gravitationsgesetz die Grundlage der ganzen neueren Astronomie, und sonach von der grössten Wichtigkeit ist, so wird es nicht unangemessen scheinen, die Wahrheit desselben noch auf einem anderen Wege zu zeigen.

Newton wollte seine Idee von diesem Gesetze, oder vielmehr er wollte die Richtigkeit dieser Idee durch irgend eine allgemeine Erscheinung in der Natur, durch eine eigentliche Beobachtung nachweisen, und er wählte dazu die Bewegung des Mondes, indem er durch Rechnung zeigte, dass dieser Himmelskörper, wenn er bis zur Oberfläche unserer Erde gebracht werden könnte, in der ersten Sekunde eben so tief fallen würde, als hier, den Beobachtungen gemäss, jeder Stein während derselben Zeit fällt, und dass daher die Kraft, welche den Stein fallen macht, dieselbe sein muss, welche den Mond in seiner Bahn um die Erde bewegt. Zu diesem Zwecke musste er nicht nur die Bewegung des Mondes, sondern auch die Grösse der Erde genau kennen, und da ihm die letzte Kenntniss fehlte, so wurde er, wie man gesehen hat, so lange in der Erfüllung seiner Wünsche aufgehalten. Auch blieb, selbst nachdem er endlich diese Entdeckung gemacht hatte, immer noch die Frage übrig, ob dasselbe, was er so eben für die Erde und den Mond gefunden hatte, auch für die Sonne, für die Planeten und überhaupt für alle Körper unseres Sonnensystems gelten könne, und diese letzte Frage war es auch eigentlich, die, als die bei weitem allgemeinere und wichtigere, hier vorzüglich beantwortet werden sollte. Newton schloss sie aus Induktion, indem er das, was er für die Erde in Beziehung auf den Mond gefunden hatte, auch sofort, der Analogie gemäss, auf die Sonne in Beziehung auf die Planeten übertrug. Zwar liess es der grosse Mann später nicht an Beweisen fehlen, dass seine Induktion richtig ist, und eigentlich kann jedes Blatt seiner »Principien« als ein solcher Beweis dienen, so dass in dieser Rücksicht allerdings nichts mehr zu wünschen übrig bleibt. Indess darf man doch gestehen, dass

er schneller zu seinem Ziele, zur gewünschten Ueberzeugung gekommen, und dass er in seiner Entdeckung nicht so lange aufgehalten worden wäre, wenn er, um die Wahrheit seiner Schlüsse in der Natur selbst nachzuweisen, nicht den Mond, sondern die Planeten zum Gegenstande seiner Prüfung gewählt hätte. Dadurch würde er zugleich die Auflösung jenes allgemeinen Problems, das er eigentlich suchte, gefunden haben, von welchem das vorhergehende mit dem Monde nur als ein Beispiel, als ein blosser besonderer Fall erscheint.

In der That war die Bewegung der Planeten um die Sonne zu Newton's Zeiten nicht nur schon sehr genau bekannt, sondern Kepler hatte bereits ein Jahrhundert vorher das Gesetz angegeben, nach welchem diese Bewegungen vor sich gehen. Er hatte nämlich (vergl. *I.* §. 143) gefunden, dass die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Himmelskörper sich wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen verhalten. Schon Kepler hatte gezeigt, dass dieses nach ihm benannte Gesetz, besonders bei den vier Jupiterssatelliten, sehr gut mit den Beobachtungen übereinstimme, und dass man daher an der Wahrheit desselben nicht weiter zweifeln kann.

Diesem gemäss hätte Newton, um die Richtigkeit seiner Schlüsse oder seiner Entdeckungen darzuthun, nur zeigen dürfen, dass sein Gesetz unmittelbar auf das von Kepler entdeckte führe, so dass beide Gesetze gleichsam als zwei Ausdrücke desselben Satzes betrachtet werden können.

Newton hatte nämlich angenommen, dass die Kraft jedes Centralkörpers auf die sich um ihn bewegenden Körper, dass also z. B. die Kraft der Sonne, mit welcher sie die Planeten bewegt, sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte, oder mit andern Worten: dass diese Kraft der Sonne gleich sei der Einheit, dividirt durch das Quadrat des Halbmessers der kreisförmigen Planetenbahn. Seine geometrische Betrachtung dieses Gegenstandes zeigte ihm, dass diese Kraft sich wie die Linie BM (Fig. 103), d. h. wie dieser Halbmesser multiplicirt in das Quadrat des Bogens AM verhalte, welchen der Planet während einer Sekunde beschreibt. Wenn man aber diese beiden Ausdrücke der Attraktionskraft der Sonne einander gleich setzt, so findet man sofort, dass in unserem Sonnensysteme der Würfel des Halbmessers jeder Planetenbahn sich verkehrt wie das Quadrat dieses von dem Planeten beschriebenen Bogens verhält. Allein diese Bogen verhalten sich, bei verschiedenen Planeten, verkehrt wie die Umlaufszeiten derselben, also müssen sich auch die Würfel der Halbmesser dieser Bahnen wie die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten verhalten, worin eben das dritte Kepler'sche Gesetz besteht, das daher nur als eine unmittelbare Folge des von Newton entdeckten Gesetzes zu betrachten ist. Durch diese einfache Reihe von Schlüssen war demnach die Wahrheit des Gesetzes der allgemeinen Schwere für alle Körper unseres Sonnensystems als erwiesen anzunehmen, da für sie das dritte Kepler'sche Gesetz bereits ein Jahrhundert früher bewiesen wurde.

Ja selbst ohne die hier zu Hülfe gerufene geometrische Betrachtung lässt sich das Gesetz der allgemeinen Schwere auf eine sehr einfache Weise aus der Theorie der kreisförmig bewegten Körper nachweisen. Schon Huyghens hatte in den oben erwähnten Propositionen gezeigt, dass bei jedem in der Peripherie eines Kreises einhergehenden

Körper die Centrifugalkraft wie der Halbmesser des Kreises, und verkehrt wie das Quadrat der Umlaufszeit des Körpers sich verhalte. Diese Centrifugalkraft steht senkrecht auf die Peripherie des Kreises, liegt daher in dem Halbmesser der Bahn, ist zum Mittelpunkte dieser Bahn, zur Sonne gerichtet, und kann also bei den Planeten für diese Kraft der Sonne selbst angesehen werden. Allein nach dem erwähnten Gesetze Kepler's verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen. Verbindet man beide Sätze mit einander, so folgt sofort, dass sich bei den in Kreisen bewegten Planeten die Centrifugalkraft, d. h. die Attraktionskraft der Sonne wie verkehrt das Quadrat der Halbmesser ihrer Bahnen verhalte, worin eben das von Newton entdeckte Gesetz besteht.

Kapitel III.

Massen und Dichtigkeiten der Himmelskörper.

§. 32. (Abwägung der Weltkörper.) Wir haben in dem vorhergehenden Kapitel das Gesetz der allgemeinen Schwere in seinem einfachsten Ausdrucke betrachtet und bereits dort die Bemerkung aufgestellt, dass beinahe unsere ganze neuere Astronomie nur eine weitere Entwicklung dieses Gesetzes ist. In der That, wie jede neue, selbst scheinbar die geringfügigste Wahrheit nur selten allein steht, sondern immer eine Reihe von andern oft viel wichtigeren Wahrheiten nach sich zieht, so musste dasselbe in einem noch viel höheren Grade von dieser Entdeckung erwartet werden, die ihrer Natur nach sich über das ganze Sonnensystem, über den ganzen uns bekannten Theil des Himmels verbreitet. Nachdem dieses grosse Gesetz einmal bekannt war, sah man aus ihm, wie aus einer reichen Quelle, eine grosse Menge anderer Entdeckungen entspringen, wichtiger und wunderbarer Entdeckungen, deren Dasein die Alten nicht einmal ahnen konnten, da ihnen alle Wege, die zu denselben führten, fest verschlossen bleiben mussten, so lange ihnen jenes Gesetz selbst, dessen unmittelbare Folge sie sind, unbekannt war.

Wenn die mit der Astronomie Unbekannten hören, dass man in dieser Wissenschaft die Grösse und Entfernung der Sonne und des Mondes, zu denen doch Niemand von uns gelangen kann, mit einer Genauigkeit*) anzugeben vermag, wie sie diess von der Grösse ihrer Berge, und von den Entfernungen ihrer Städte auf der Erde zu thun nicht im Stande sind, so bemächtigt sich ihrer eine Art von Ungläubigkeit. So würden gewiss die meisten auch unsere Voraussage der künftigen Fin-

*) Verhältnissmässig wenigstens. So kennen wir die Entfernung des Mondes und der meisten Planeten von der Erde bis auf den hundertsten Theil ihrer Grösse genau. Von wie vielen Hauptstädten unserer Erde, besonders aussereuropäischen, kann man in Bezug auf ihre gegenseitige Entfernung dasselbe sagen?

sternisse des Mondes und der Sonne vornehm-ungläubig belächeln, wenn sie nicht selbst so oft schon mit ihren eigenen Augen die Wahrheit dieser Prophezeihungen, wie sie dieselben in ihren Kalendern lesen, bestätiget gefunden hätten.

Aber welche ganz andere Gefühle werden sich in diesen heimlichen Gegnern der Wissenschaft regen, wenn sie nun hören, dass die Astronomen sich sogar unterfangen haben, den Mond und die Sonne und alle Planeten gleichsam auf einer Wage abzuwägen, und nicht nur das Gewicht, sondern auch die grössere oder kleinere Dichtigkeit des Stoffes zu bestimmen, aus dem jeder dieser Himmelskörper gewebt ist. Wenn sie hören, dass man, wenn die Sonne in einer Schale dieser Wage liegt, in die andere 354000 solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, legen müsse, um die Wage im Gleichgewichte zu erhalten; dass diese Sonne gross genug ist, um aus ihr eine und eine halbe Million solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, formen zu können; dass der ganze Sonnenkörper nur die Dichtigkeit unseres Korkholzes, Saturn nicht einmal diese geringe Dichte habe; dass die Steine, die auf der Oberfläche unserer Erde in der ersten Sekunde durch 15 Fuss fallen, auf dem Mars nur durch 6 Fuss, auf der Sonne aber durch 430 Fuss fallen u. s. w., wenn sie so ungewöhnliche und für sie wenigstens so ganz unglaubliche Behauptungen hören, wer mag es ihnen verargen, dass sie die vermeinten Grosssprecher entweder gar nicht, oder doch nur in der Absicht anhören, zu erfahren, wie geschickt sich der Sophist aus der sich selbst gelegten Schlinge ziehen und wie fein er es anfangen werde, seinen gläubigen Zuhörern Staub in die Augen zu streuen, um sie am Ende seiner Produktion, von einem Gallimathias hochtrabender und nichtssagender Worte betäubt, unverrichteter Dinge wieder nach Hause gehen zu lassen.

Und doch sind eben diese Fragen, deren Beantwortung auf den ersten Blick so schwer, ja ganz unmöglich erscheint, die leichtesten der ganzen Astronomie und der Art, dass jeder Anfänger in der Kunst nicht nur ihre Beantwortung, wenn sie ihm gegeben wird, verstehen, sondern mit einigem Nachdenken auch wohl diese Antwort ohne Mühe selbst finden kann. Die Leser werden sich davon sogleich durch eigene Erfahrung überzeugen.

§. 33. (Nähere Bestimmung des Gesetzes der allgemeinen Schwere.) Wir haben oben (Kap. *II.*) das Gesetz der allgemeinen Schwere, der bessern Verständlichkeit wegen, in seiner einfachsten Gestalt gegeben. Wir wollen daher hier, ehe wir an die Beantwortung jener Fragen gehen, eine kleine, aber wichtige Berichtigung, die wir früher übergehen konnten, nachtragen.

Nach jenem Gesetze ziehen sich alle Körper gegenseitig im verkehrten Quadrate ihrer Entfernungen an. Wenn also z. B. ein Satellit Jupiters oder Saturns einen Stein in der Entfernung von 100 Meilen in der ersten Sekunde um einen Fuss gegen sich anzieht, so wird er diesen Stein in der doppelten Entfernung, von 200 Meilen, nur mehr um $^1/_4$, in der Entfernung von 300, 400, 500 Meilen, nur um $^1/_9$, $^1/_{16}$, $^1/_{25}$ Fuss in der ersten Sekunde anziehen, und sofort für jeden andern Körper, nur mit dem Unterschiede, dass z. B. ein zweiter Satellit, jenen Stein in der Entfernung von 100 Meilen nicht mehr um einen ganzen, sondern vielleicht nur mehr um einen halben Fuss in der Sekunde an-

ziehen wird. Bei beiden wird sich also, jenem allgemeinen Gesetze gemäss, die Anziehung des Steines wie verkehrt das Quadrat seiner Entfernung verhalten, aber diese Anziehung selbst wird bei dem zweiten Satelliten nur die Hälfte des ersten sein, oder sie wird für 100 Meilen $\frac{1}{2}$ Fuss, für 200 Meilen $\frac{1}{8}$, für 300 Meilen $\frac{1}{18}$, für 400 Meilen $\frac{1}{32}$ Fuss u. f. betragen.

Man sieht daraus, dass die Art, nach welcher die Anziehung der Körper wirkt, bei allen dieselbe, dass aber die Grösse dieser Anziehung bei verschiedenen Körpern auch sehr verschieden sein kann, etwa so, wie z. B. alle Pferde den Wagen, vor den sie gespannt werden, auf dieselbe Weise ziehen, während doch das eine derselben ihn viel stärker oder schwächer ziehen kann, als das andere, je nachdem es mit einer grösseren oder geringeren Muskelkraft begabt ist. Was ist es nun, dass diese Stelle der Muskelkraft bei den Körpern des Himmels vertritt?

Wir werden uns nicht bei der Untersuchung aufhalten, was diese Kraft der Himmelskörper, mit welcher sie alle anderen Körper anziehen, eigentlich sei oder woher sie komme. Uns genügt es, das Dasein einer solchen Kraft aus ihren unbestreitbaren Wirkungen zu erkennen. Diese sehen wir täglich und immerwährend in unendlichen Abwechslungen sowohl um uns, als auch selbst in uns. Ueberall in der Natur bemerken wir diesen Hang der Körper, sich anzuziehen, sich zu vereinigen, sich zur Kugelgestalt abzurunden. Der Thautropfen auf dem Kohlblatte, und die Gestirne des Himmels sind gleich gute Beispiele für den Beweis dieses Satzes. Aber die Ursache dieser Erscheinung? —

Wir empfinden den Duft, den die Blume aushaucht; wir ergötzen unser Auge an dem Lichte und an den Farben der Körper; wir erfreuen unser Ohr mit den harmonischen Tönen der Musik; wir sehen die ganze Erde mit allen ihren Reizen unter, und den endlosen Himmel mit allen seinen Wundern über uns — aber was wissen wir davon? Dass sie da sind, und nichts weiter. Woher sie kommen, und wohin sie gehen, ist uns unbekannt. Wir können eben so wenig den Hauch der Blumen, als die Feinheit des Lichtes berechnen, und der innere Zusammenhang der Dinge auf der Erde ist uns eben so ein Räthsel, als jene Zauberkraft, die den Himmel zusammenhält, oder als jenes magische Band, das unsere Erde an die Sonne und uns selbst an diese Erde fesselt. Wir wissen nur, oder glauben doch zu wissen, was von der Aussenwelt durch jene fünf Kanäle, die wir unsere Sinne nennen, unserem Innern zugeführt wird. Für alle anderen Dinge aber fehlt uns das Mittel, sie aufzufassen, daher wir auch nicht weiter nach ihnen fragen sollten, weil eine Antwort auf solche Fragen doch unmöglich ist, und wenn sie möglich wäre, uns unverständlich bleiben muss. Wie viel mag uns noch, selbst in unserer Nähe, entgehen, das wir nicht einmal zu vermissen im Stande sind, von dem uns unsere feinsten Fibern keine Vorstellung mehr geben. Ja es ist sogar sehr möglich, dass wir selbst von dem, was wir noch für das Begreiflichste halten, so viel als gar nichts wissen. Wie ganz anders würde uns wohl die Welt vorkommen, wenn wir ohne Augen geboren würden, oder auch, wenn es der Natur gefallen hätte, noch ein paar Klappen mehr in uns aufzuschliessen, um uns dadurch mit der Aussenwelt in einen neuen Rapport zu setzen.

Wie es also auch mit dieser Attraktionskraft der Körper, deren Wirkung wir sehen, ohne die Ursache erforschen zu können, beschaffen sein mag, so können wir doch nicht gut anders, als diese Kraft einem jeden einzelnen Theile, einem jeden der Elemente dieser Körper zuschreiben, aus welchen sie, als aus den kleinsten Theilchen ihrer Art, zusammengesetzt sein müssen. Dieser nothwendigen Voraussetzung gemäss wird also die ganze Kraft, mit welcher ein Körper den andern anzieht, eben nur die Summe aller jener Kräfte sein, die den einzelnen Elementen, aus welchen der Körper besteht, zukommen, und diese Totalkraft des Körpers wird offenbar desto grösser sein müssen, je grösser die Anzahl dieser Elemente, d. h. mit andern Worten, je grösser die Masse des ganzen anziehenden Körpers ist, indem wir unter diesem Worte gerade die Summe aller den Körper konstituirenden Atome zu verstehen pflegen.

So fallen, um diess auf unsere Erde anzuwenden, die Körper auf der Oberfläche derselben in der ersten Sekunde durch 15 Fuss, und diese Erscheinung kann als die Wirkung der Attraktionskraft, als das eigentliche Mass der Kraft der Erde, so wie diese jetzt ist, angesehen werden. Wenn aber diese Erde, welche bekanntlich im Mittel die Dichtigkeit des Flussspaths hat, wenn sie, ohne ihren Umfang zu ändern, fünfmal mehr Masse in sich enthielte, oder die Dichtigkeit unseres Goldes hätte, so würde auch die Kraft ihrer Attraktion für dieselbe Entfernung fünfmal grösser werden, oder die Körper würden dann, an ihrer Oberfläche, nicht mehr 15, sondern fünfmal so viel, also 75 Fuss in der ersten Sekunde fallen.

Dasselbe würde von zwei andern Kugeln gelten, deren Massen unter sich verschieden sind. Unser Mond z. B. hat nur den 80sten Theil der Masse der Erde. Er wird also auch einen Körper 80mal schwächer anziehen, als die Erde, vorausgesetzt, dass der Körper in beiden Fällen gleich weit von dem Mittelpunkte der Erde oder des Mondes entfernt ist.

So lange man daher nur von einem einzigen Körper spricht, wird man noch immer, wie zuvor, sagen können, dass sich seine Anziehung verkehrt wie das Quadrat seiner Entfernung verhält. Aber wenn man die Anziehung von zwei oder mehreren Körpern unter einander vergleichen, oder wenn man allgemein sprechen will, so wird man sagen müssen: die Anziehung jedes Körpers verhält sich direkt wie seine Masse, und indirekt wie das Quadrat seiner Entfernung, oder mit andern Worten, die Anziehung eines jeden Körpers ist gleich seiner Masse, dividirt durch das Quadrat seiner Entfernung.

Nimmt man diese Entfernung der angezogenen Körper, wie es unter den Astronomen gewöhnlich ist, in Halbmessern der Erde, so hat man für die Anziehung der Erde, d. h. für den Fall der um a Erdhalbmesser von ihrem Mittelpunkte entfernten Körper, während der ersten Sekunde, den Ausdruck: 15 dividirt durch das Quadrat von a. So erhält man für die Anziehung der Erde in der Entfernung von 1, 2, 3 . . . Erdhalbmessern die Grössen 15, $3^3/_4$, $1^6/_9$. . . Fuss, und für die Entfernung von 10, 20, 30 … Erdhalbmessern 0.15, 0.04, 0.02 … Fuss u. s. w. Für Saturn aber, dessen Masse nahe 100mal grösser ist, als die der Erde, wird man die Anziehung desselben auf alle Körper ausser ihm

erhalten, wenn man das Produkt seiner Masse in 15, d. h. wenn man die Zahl 1500 durch das Quadrat von a dividirt, wo wieder a die Entfernung dieser Körper von dem Mittelpunkte Saturns, in Theilen des Erdhalbmessers ausgedrückt, bezeichnet. Demnach wird also die Anziehung Saturns auf einen Körper, der von seinem Mittelpunkte 10, 20, 30 . . . Erdhalbmesser entfernt ist, gleich 16, $3\frac{7}{10}$, $1\frac{7}{10}$. . . Fuss betragen, und so fort für alle anderen Planeten, deren Masse man kennt.

§. 34. (Anwendung dieses Satzes auf den Fall der Körper im Monde.) Wir wollen von diesem einfachen Satze sogleich eine Anwendung geben, und die Frage zu beantworten suchen, wie tief die Körper in der ersten Sekunde auf der Oberfläche des Mondes fallen mögen. Auf den ersten Blick sollte man glauben, dass sich so etwas nicht ohne unmittelbare Experimente, auf dem Monde selbst angestellt, ausmachen liesse. Da nun, so viel wir wissen, noch Niemand von uns bis dahin gekommen ist, so müsste auch die Sache unausgemacht bleiben. Aber wir werden sogleich sehen, dass diess keineswegs der Fall ist, dass man vielmehr, ohne die Erde auch nur einen Augenblick zu verlassen, jene Frage, und zwar ohne alle Mühe, beantworten kann.

Auf der Oberfläche der Erde fällt der Stein in der ersten Sekunde durch 15 Fuss. Die Masse des Mondes aber beträgt nur den 80sten Theil der Erdmasse, oder die Masse des Mondes ist 0.0125, wenn die Masse der Erde für die Einheit angenommen wird. Der ebenfalls bekannte Halbmesser des Mondes aber beträgt 235 deutsche Meilen, während der der Erde 860 Meilen hat, so dass jener gleich 0.2733 ist, wenn der Halbmesser der Erde für die Einheit angenommen wird.

Die Kraft der Erde, oder der Fall der Körper in der Entfernung von a Erdhalbmessern von dem Mittelpunkte der Erde ist, wie zuvor, gleich der Zahl 15, dividirt durch das Quadrat von a. Die Kraft des Mondes aber auf dieselben Körper in derselben Entfernung ist gleich dem 80sten Theil von 15, oder gleich der Zahl 0.1875 dividirt durch das Quadrat von a. Diese Kraft des Mondes ist also für Körper, die nur $\frac{1}{10}$ Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte des Mondes entfernt sind, gleich 18.75 Fuss; für die Entfernung von $\frac{2}{10}$ Erdhalbmesser wird sie 4.69, für die Entfernung von $\frac{3}{10}$ Erdhalbmesser 2.08 Fuss, und also auch für die Entfernung von 0.2733 Erdhalbmesser, d. h. für die Körper auf der Oberfläche des Mondes gleich 2.5 Fuss sein, oder mit andern Worten: auf der Oberfläche des Mondes fallen die Körper in der ersten Sekunde durch 2.5 Fuss, also nur durch den sechsten Theil des Weges, durch welchen sie auf der Oberfläche der Erde fallen.

Ganz eben so leicht wird man nun auch den Fall der Körper auf der Oberfläche jedes andern Planeten unseres Sonnensystems finden, wenn man die Masse und den Halbmesser desselben gegen die Masse und den Halbmesser unserer Erde kennt. So haben wir bereits oben die Masse Saturns nahe gleich 100mal grösser als die der Erde gesetzt. Allein der Halbmesser dieses Planeten beträgt nahe 10 Halbmesser der Erde. Die Anziehung dieses Planeten wird also gleich der Zahl 1500 dividirt durch das Quadrat von a sein, und wenn man a gleich 10 nimmt, so wird man, wie bereits oben gefunden wurde, für die Anziehung Saturns in der Entfernung von 10 Erdhalbmessern, d. h. auf der Oberfläche dieses Planeten selbst, 15 Fuss erhalten, d. h. auf der Oberfläche Sa-

turns fallen die Körper in der ersten Sekunde durch 15 Fuss, also nahe eben so tief, wie auf der Erde.

Eben so findet man, dass die Masse Jupiters 338, und die des Mars nur 0.12 von jener der Erde beträgt, während der Halbmesser Jupiters 12, und der des Mars nur ½ Erdhalbmesser hat, woraus folgt, dass die Körper auf der Oberfläche Jupiters in einer Sekunde durch 38, und auf der Oberfläche des Mars nur durch 6 Fuss fallen. Die Masse der Sonne ist endlich 354000mal grösser, als die der Erde, und ihr Halbmesser beträgt 112 Erdhalbmesser, also fallen auch die Körper auf der Oberfläche der Sonne in einer Sekunde durch 430 Fuss.

Da aber dieser Fall der Körper, oder, was dasselbe ist, da diese Attraktion der Planeten eigentlich das, was wir das Gewicht dieser Körper nennen, bestimmt, so wird auch aus dem Vorhergehenden unmittelbar folgen, dass ein Körper, der z. B. bei uns ein Pfund wiegt, auf der Oberfläche des Mondes viel leichter sein, und nur mehr den fünften Theil eines Pfundes oder nur 6 Loth wiegen wird, während er im Gegentheile auf der Sonne 28 Pfund wiegen muss. Es versteht sich aber wohl von selbst, dass sich diese Verschiedenheit in dem Gewichte der Körper nicht durch unsere Wagen nachweisen lassen wird, weil das eigentliche Gewicht, welches wir in die andere Wagschale zu legen pflegen, um dadurch das Gewicht des Körpers zu finden, doch auch wieder ein Körper ist, der auch, und zwar auf dieselbe Weise, von der Schwere seines Planeten afficirt wird, und daher z. B. auf dem Monde auch nur den fünften Theil seines irdischen Gewichtes haben kann. Statt dieses Wortes Gewicht werden wir daher, der bessern Verständlichkeit wegen, das Wort Druck gebrauchen und sagen, dass ein Körper, der auf der Erde mit der Kraft von einem Pfunde auf seine Unterlage drückt, auf dem Monde nur mit ⅕ dieser Kraft, auf Jupiter mit 2.5, und auf der Sonne mit 28.5 Pfunden auf seine Unterlage drücken wird.

§. 35. (Anwendung des Vorhergehenden auf künstliche Monde.) Wir alle wissen, dass, wenn eine Kugel schief gegen den Horizont abgeschossen wird, diese Kugel eine krumme Linie beschreibt, an deren Ende sie wieder zur Erde zurückfällt. Je grösser die Kraft ist, mit welcher die Kugel aus der Mündung des Geschützes getrieben wird, desto grösser ist auch der Bogen, den sie über der Erde beschreibt, und es ist klar, dass diese Kraft, die Ladung der Kanone, endlich so gross werden könnte, dass die Kugel gar nicht mehr zur Erde zurückfallen, sondern dass sie eine krumme Linie um die ganze Erde herum beschreiben müsste. Dann würde sie aber dasselbe thun, was der Mond schon lange thut, und wir würden auch in der That auf diese Weise einen kleinen Mond mehr erhalten, so dass wir am Ende diese Monde in beliebiger Menge, etwa wie jetzt unsere Luftballone oder unsere Seifenblasen, steigen lassen könnten, wenn wir nur unsern Geschützen die dazu nöthige Kraft zu ertheilen wüssten. Und wie gross müsste diese Kraft, wie gross müsste die anfängliche Geschwindigkeit sein, um zu diesem Zwecke zu gelangen?

Die Antwort auf diese Frage ist für die, welche nur mit den ersten Elementen der Mechanik bekannt sind, sehr leicht. — Wenn man die Fallhöhe der Körper in der ersten Sekunde mit dem Durchmesser des Planeten multiplicirt, und aus der so erhaltenen Zahl die Quadratwurzel

nimmt, so hat man die gesuchte anfängliche Geschwindigkeit der in Frage stehenden Kugel.

Für die Erde z. B. ist jene Fallhöhe 15 Fuss. Der Halbmesser derselben aber ist 19632000 Fuss. Wird also die letzte Zahl zweimal genommen, und durch 15 multiplicirt, so erhält man 588960000, und von dieser Zahl ist die Quadratwurzel 24268.

Die Kanone müsste also eine Ladung erhalten, durch welche die Kugel in der ersten Sekunde ihres Laufes einen Weg von 24268 Par. Fuss zurücklegte. Davon sind aber unsere Kanonenkugeln, die höchstens 700 Fuss in der ersten Sekunde zurücklegen, noch sehr weit entfernt.

Die Mondsbewohner hingegen, vorausgesetzt, dass sie mit bessern Geschützen versehen sind, könnten einen solchen Versuch, der für uns noch unmöglich ist, schon viel leichter ausführen; denn da bei ihnen die Schwere der Körper nur den fünften Theil unserer Schwere beträgt, so wird auch schon der fünfte Theil jener Ladung hinreichen, die Kugel zu einem Satelliten des Mondes, zu einem Monde zweiten Ranges zu machen. Eine anfängliche Geschwindigkeit von 5000 Fuss würde diese Kugel bereits um den Mond herum treiben. Da aber auch diese Geschwindigkeit über siebenmal grösser ist, als die von unsern Kanonen erzeugte, so werden auch die Seleniten noch einige Schwierigkeiten bei der Ausführung dieses Experiments zu überwinden haben, besonders wenn sie, wie man vermuthen darf, noch nicht so weit, wie wir, in der Ballistik vorgerückt sein, oder wenn sie am Ende noch ganz und gar keine Kanonen haben sollten.

§. 36. (Vortheile der Mondsbewohner.) Immer aber werden sich die Seleniten in allen den Fällen eines grossen Vortheiles über uns zu erfreuen haben, wo es sich darum handelt, der Kraft der Schwere entgegen zu arbeiten. Wenn sie z. B. ihre Wagen, ihre Hebel, ihr Rad an der Welle u. dgl., durch elastische Federn, durch entwickelte Dämpfe, durch ihre eigene oder durch die Muskelkraft ihrer Thiere in Bewegung setzen wollen, so werden sie mit einem fünfmal geringeren Kraftaufwande schon ihr Ziel erreichen. So würden unsere Pferde auf dem Monde, unter übrigens gleichen Umständen, viel grössere Lasten ziehen, und ohne zu ermüden, viel schneller laufen können, als auf der Erde, und die Grotesque-Tänzer des Mondes, wenn es solche gibt, und wenn sie dieselbe Muskelkraft wie die unsern besitzen, werden mit derselben Anstrengung schon fünfmal höhere Sprünge machen können, weil sie auch nur durch eine fünfmal geringere Kraft zu ihrer Erde zurückgezogen werden.

§. 37. (Meteorsteine.) Man hat in den neuern Zeiten die Vermuthung aufgestellt, dass die Steine, welche öfter unter heftigen Detonationen aus der Luft zur Erde fallen, und die unter der Benennung von Aërolithen oder Meteorsteinen bekannt sind, Produkte der Vulkane des Mondes sein mögen.

Wenn man, um die Sache ganz einfach darzustellen, von der Bewegung des Mondes sowohl, als auch von jener der Erde abstrahirt und annimmt, dass der Wurf eines solchen Steines gerade gegen die Erde hin gerichtet sei, so ist es leicht, denjenigen Punkt zwischen Mond und Erde zu finden, wo dieser Stein von dem Monde ganz eben so stark, wie von der Erde angezogen wird. Setzt man nämlich voraus,

dass die Kräfte dieser beiden Weltkörper sich wie ihre Massen dividirt durch das Quadrat der Entfernung des Steines von ihrem Mittelpunkte verhalten, so findet man, dass dieser Punkt nahe 7 Erdhalbmesser von dem Monde, also auch nahe 53 Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte der Erde entfernt ist. Eine einfache Rechnung zeigt, dass die anfängliche Geschwindigkeit, die der Stein bei seinem Auswurfe durch den Vulkan erhalten, oder dass der Weg, welchen der Stein in der ersten Sekunde zurücklegen muss, um jenen Punkt der gleichen Anziehung zu erreichen, 8290 Par. Fuss beträgt, also nahe 12mal grösser ist, als die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel. Wir haben aber weder von den Kräften, welche unsere Vulkane, und noch weniger von jenen, welche die Vulkane des Mondes entwickeln, eine zureichende Kenntniss, um uns über die Wahrscheinlichkeit jenes Ursprungs der Aërolithen eine Entscheidung erlauben zu dürfen. Gewiss ist, dass ein Körper, der mit dieser Geschwindigkeit die Oberfläche des Mondes verlässt und in gerader Richtung auf die ruhende Erde fortgeht, jenen Punkt der gleichen Anziehung erreichen, und dass er ihn daher, wenn jene anfängliche Geschwindigkeit nur etwas grösser ist, auch überholen wird. Dann tritt er aber in die Attraktionssphäre der Erde ein und gehört fortan nicht mehr dem Monde, sondern uns an. Da ohne Zweifel die meisten dieser Steine, wenn sie anders diesen Ursprung haben, in einer gegen die Erde schiefen Richtung von dem Monde ausgeworfen werden, so werden sie auch ihren Weg nicht in gerader Richtung auf die Erde hin nehmen, sondern vielmehr, wenn sie einmal die Attraktionsgrenze des Mondes überschritten haben, in krummen Linien, gleich andern, kleineren Monden, die Erde umkreisen, wo sie dann, besonders wenn ihre Anzahl, wie es scheint, sehr gross ist, oft in den Fall kommen könnten, dass sie die Bahn der Erde durchschneiden, oder so nahe zu derselben gelangen, um von ihr mit Heftigkeit angezogen und zum Herabstürzen auf die Erde gebracht zu werden.

Man könnte fragen, wie viele Zeit ein solcher Stein brauchte, um von jenem Punkte der gleichen Anziehung bis zur Erde zu kommen, oder um seinen Weg von 53 Erdhalbmessern zurückzulegen. — Wenn er bloss von der Erde angezogen und durch die Atmosphäre derselben in seinem Laufe nicht gehindert wäre, so würde er diesen Weg in zwei Stunden 18 Minuten zurücklegen, und am Ende dieser Zeit die Erde mit einer Geschwindigkeit erreichen, vermöge welcher er in einer Sekunde 251028 Fuss zurücklegte. Da diess die Geschwindigkeit unserer Kanonenkugeln gegen 360mal übertrifft, so könnte man daraus das tiefe Einschlagen der Aërolithen in die Erde, und die Erscheinung erklären, dass man selbst nach heftigen Steinregen so wenige derselben auf der Oberfläche des Bodens, wo sie gefallen sind, finden kann. Allein da ein solcher Stein, in dem Punkte der gleichen Attraktion, auch noch, obgleich nur schwach, von dem Monde angezogen wird, so muss dadurch seine Endgeschwindigkeit verkleinert, und dafür die Zeit, während welcher er jene 53 Erdhalbmesser zurücklegt, beträchtlich vergrössert werden. In der That findet man, dass er unter dieser Voraussetzung jenen Weg erst in nahe 64 Stunden oder in $2^2/_3$ Tagen zurücklegen würde.

Uebrigens muss man gestehen, dass sich die Erde, ihrem Diener und Fackelträger gegenüber, in einer etwas sonderbaren Lage befindet,

wenn anders diese Hypothese von dem Ursprunge der Aërolithen gegründet sein soll. Sie muss sich von ihm mit Steinen werfen lassen, ohne es verhindern, selbst ohne es nach dem Rechte der Repressalien auch nur erwiedern zu können, da uns unsere fünfmal grössere Schwere hindert, auch unsere Steine dem Monde wieder an den Kopf zu werfen, um wenigstens dadurch den unartigen Diener vielleicht bessere Sitte zu lehren. Da man indess am besten geduldig leidet, was man nicht ändern kann, so wird es wohl auch hier am klügsten sein, ruhig zuzusehen, abzuwarten, was etwa noch kommen soll, und einstweilen, in Hoffnung besserer Zeiten, die verschossenen Kugeln des Feindes aufzulesen, um sie in unseren Mineralienkabineten aufzustellen, und dadurch unseren allzeit fertigen Hypothesenkrämern Gelegenheit zu geben, ihr Talent an ihnen nach Lust und Liebe zu üben.

Indess mag es an der Zeit sein, noch auf einen anderen denkbaren Ursprung dieser sogenannten Meteorsteine aufmerksam zu machen. Es ist nämlich möglich, ja wahrscheinlich, dass sie, ganz wie die übrigen Planeten, obgleich viel kleiner, kosmische Körper sind, die sich nach denselben Gesetzen, wie die Planeten, um die Sonne bewegen, und die, wenn sie auf ihrem Laufe der Erde zufällig nahe kommen, von derselben angezogen werden, sich in unserer Atmosphäre vielleicht durch die heftige Reibung, welche diese Körper daselbst erleiden, oder durch Compression der Luft, welche sie vor sich hertreiben, entzünden, und dann als Sternschuppen, Feuerkugeln u. dgl. zur Erde stürzen. Da man ihrer in mancher Nacht schon so viele gesehen hat, so ist ihre Anzahl wahrscheinlich sehr gross, und es scheint sogar, dass mehrere von ihnen sich gruppenweise, in Heerden von vielen Tausenden um die Sonne wälzen. In der Nacht vom 11. zum 12. November 1799 wurde eine ganz ungewöhnlich grosse Menge solcher Sternschnuppen zu gleicher Zeit in Europa und in Amerika sichtbar. Humboldt und Bonpland beobachteten sie auf der Landenge von Panamà, während sie von andern in Nordamerika, in Grönland und auch an mehreren Orten in der Mitte Deutschlands gesehen wurden. Nach Humboldt's Erzählung, die mit jener der anderen Beobachter sehr gut übereinstimmt, folgten während nahe vier vollen Stunden viele Tausende solcher Sternschnuppen auf einander. Sie stiegen sämmtlich in Ost und Nordwest über den Horizont, und fielen in Süden wieder zur Erde herab. Die meisten zogen einen leuchtenden Schweif von 5 bis 10 Graden Länge hinter sich, und manche übertrafen selbst Jupiter und Venus an Grösse und Helligkeit ihres Lichtes.

Es ist sehr sonderbar, dass seitdem noch mehrere solcher Erscheinungen und zwar immer nahe an demselben Monatstag gesehen wurden. Am 13. November 1831 sah man auf der See, südlich von Spanien, während einer Zeit von nahe drei Stunden eine sehr grosse Menge von Sternschuppen von verschiedener und sehr bedeutender Grösse. Am 12. November 1832 wurde eine ähnliche Erscheinung zu gleicher Zeit in England, Frankreich, Deutschland und dem südlichen Russland beobachtet. Die Menge der Sternschnuppen soll wahrhaft zahllos gewesen sein und an mehreren Orten einem Feuerregen geglichen haben. Am 13. November 1833 wurde dasselbe Schauspiel in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, in Mexiko, Jamaika und Cuba zu gleicher Zeit beinahe die ganze Nacht durch gesehen. Alle die Tausende von

Sternschnuppen, die öfter den ganzen Himmel, gleich dem Vollmonde, beleuchteten, schienen aus dem Sternbilde des grossen Löwen auszugehen. Eine ebenfalls sehr reiche Erscheinung fand am 13. November 1834 statt. Auch am 13. November 1835 sah man im südöstlichen Frankreich (*Département de l'Ain*) eine ähnliche, doch nicht so auffallende Erscheinung. Im Jahr 1838 registrirte der Herausgeber vorliegenden Werkes zu Wien an demselben Tage gegen 1100 Sternschnuppen in kaum 6 Stunden u. s. w.

Das Merkwürdigste ist nebst der grossen Anzahl und der regelmässigen Wiederkehr dieser Sternschnuppen die strahlenförmige Richtung ihrer Bewegung, deren gemeinschaftlicher Durchschnittspunkt nahe in der Richtung der Erdbewegung zu jener Jahreszeit liegt. Wenn sich diess durch fernere Beobachtungen bestätiget, so ist man beinahe gezwungen anzunehmen, dass ausser den grossen Kugeln, die wir Planeten nennen, auch noch ganze Aggregate oder Systeme von kleineren Körpern sich in dem Weltraume um die Sonne bewegen, und dass diese Körper, gleich einer Wolke von Sand oder Steinen, ihre Bahnen um die Sonne nach denselben Gesetzen zurücklegen, wie die Erde und die übrigen Planeten. Diese Sandwolken, oder wie man solche Sammlungen von kleinen Planeten nennen mag, deren es vielleicht unzählige gibt, und die sich in den grossen Zwischenräumen der anderen, eigentlich sogenannten Planeten herumtreiben, würden daher eine eigene, uns bisher ganz unbekannte Art von Weltkörpern bilden, die wegen des äusserst lockern Gewebes, aus dem sie bestehen, wegen der getrennten Textur ihrer einzelnen Theile einen sehr grossen Raum einnehmen, und in diesen Beziehungen viele Aehnlichkeit mit Kometen haben. Nimmt man an, dass die uns nächste Kometenwolke dieser Art mit ihrem Schwerpunkte von West nach Ost eine Bahn um die Sonne beschreibt, die in ihrer Ausdehnung nur wenig von der unserer Erde verschieden ist, und dass also auch jene Körper nahe in derselben Zeit wie die Erde um die Sonne gehen, so würden wir jährlich einmal, nahe um dieselbe Jahreszeit, dieser Wolke begegnen und vielleicht sogar durch den Rand derselben mit unserem grossen Erdenschiffe durchfahren, ohne eben mehr davon zu merken, als dass um diese Zeit die Sternschnuppen immer sehr häufig erscheinen und zugleich alle nahe dieselbe Richtung haben, indem nämlich diejenigen jener kleinen Planeten, die unserer Erde nahe kommen, von ihr angezogen, in unserer Atmosphäre entzündet und endlich auf die Erde selbst herabgeschleudert werden. Da nun die Aufmerksamkeit der Meteorologen auf dieses sonderbare Phänomen gerichtet ist, so wird der Grund desselben wahrscheinlich schon in den nächsten Jahren mit Bestimmheit nachgewiesen werden können. Schon ist es gelungen, ausser der November-Epoche noch andere Jahreszeiten aufzufinden, zu denen reiche Sternschnuppenfälle periodisch wiederkehren, wie der 10. August (Laurentius-Strom), dessen Meteore in gleicher Weise sich durch Regelmässigkeit ihres Laufes auszeichnen.

Einstweilen wollen wir wieder zu unserem Gegenstand zurückkehren und zusehen, welche weitere Folgen sich aus dem bisher betrachteten Gesetze der allgemeinen Schwere ableiten lassen.

§. 38. (Bestimmung der Masse der Sonne.) Nach diesem Gesetze ist die Attraktionskraft eines jeden Körpers auf einen ausser ihm gelegenen Punkt gleich der Masse dieses Körpers, dividirt durch das Quadrat seiner Ent-

fernung von dem angezogenen Punkte. Also ist auch sofort umgekehrt: die Masse des anziehenden Körpers gleich der Anziehungskraft desselben, multiplicirt in das Quadrat der Entfernung.

So gestellt, sieht man sogleich, dass dieses Gesetz uns auch die Massen der Himmelskörper finden lehrt, wenn man ihre Anziehung auf einen gegebenen äusseren Körper kennt.

Diese Anziehung aber wird (nach §. 22) durch die kleine Linie *BM* (Fig. 103) ausgedrückt, um welche der angezogene Punkt während einer Sekunde zu dem anziehenden Körper fällt. Diese kleine Linie ist ferner gleich der Entfernung *CA* des angezogenen Punktes *A* von dem anziehenden Körper *C*, multiplicirt in das halbe Quadrat des kleinen Bogens *AM*, welchen der angezogene Punkt während einer Sekunde um den anziehenden Körper beschreibt. Dieser Bogen endlich, in Theilen des Halbmessers *CA* seines Kreises ausgedrückt, wird erhalten, wenn man die Zahl 360 durch die in Stunden ausgedrückte Umlaufszeit des angezogenen Punktes dividirt, und die so erhaltene Zahl durch 0.0000048481 multiplicirt, wie diess alles bereits oben (§. 17) umständlich erörtert wurde.

Wenden wir diess auf die Bestimmung der Masse unserer Sonne an. Die Umlaufszeit der Erde beträgt 365.25636 Tage. Daraus folgt, dass der Winkel *ACM*, den die Erde in einer Sekunde um die Sonne beschreibt, 0.0411 Sekunden, und dass daher der Bogen *AM* nur den 0.0000001993sten Theil des Halbmessers der Erdbahn beträgt.

Um nun alles in Halbmessern der Mondsbahn auszudrücken, bemerken wir zuerst, dass die Entfernung der Erde von der Sonne 399.2 Mal grösser ist, als die Entfernung des Mondes von der Erde. Wir werden also den Halbmesser *CA* der Erdbahn gleich 399.2 setzen, und die Hälfte dieser Zahl oder 199.6 in das Quadrat des vorhergehenden Bogens *AM* multipliciren, wodurch man für die Grösse *BM* erhält 0.000000000007928 Halbmesser der Mondsbahn. So viele Halbmesser der Mondsbahn fällt also die Erde während jeder Sekunde gegen die Sonne, oder diess ist das eigentliche Mass der Attraktion, welche die Sonne in derjenigen Entfernung ausübt, in welcher die Erde sich um sie bewegt. Wollte man diesen Fall in Par. Fuss ausdrücken, so würde man nur die letzte Zahl durch 1183402000 multipliciren, welches die Entfernung des Mondes von der Erde (51804.96 Meilen) in Par. Fuss ausgedrückt ist, wodurch man für jenen Fall 0.009382 Fuss erhält.

Mit welcher Kraft würde aber die Sonne auf die Erde wirken, wenn die Erde nur so weit von ihr entfernt wäre, als der Mond von der Erde entfernt ist? — Die Antwort auf diese Frage folgt ebenfalls unmittelbar aus unserem Gesetze. Da nämlich diese beiden Kräfte der Sonne, indem die Masse des anziehenden Körpers dieselbe bleibt, sich wie verkehrt die Quadrate der beiden Entfernungen verhalten müssen, so wird man die neue Kraft erhalten, wenn man die vorhergehende, oder wenn man die letztgegebene Zahl durch das Quadrat von 392 multiplicirt, wodurch sich die Zahl 0.0000012631 ergibt. Das heisst also: Wenn die Erde so nahe bei dem Mittelpunkte der Sonne stehen könnte, als der Mond in der That bei der Erde steht, so würde die Attraktionskraft der Sonne auf die Erde *BM* = 0.0000012631 Halbmesser der Mondsbahn betragen, oder so würde die Erde in jeder Sekunde durch diesen Raum *BM* gegen die Sonne fallen.

Es ist also nur noch übrig, zuzusehen, durch welchen Raum der Mond während derselben Zeit in seiner Bahn gegen die Erde fällt, um sofort die zwei Attraktionskräfte, die der Sonne und die des Mondes, für dieselbe Entfernung, nämlich für die Entfernung des Halbmessers der Mondsbahn, zu erhalten. Denn da diese Attraktion für dieselben Entfernungen nur mehr durch die Massen der beiden anziehenden Körper, der Sonne und des Mondes, verschieden sein können, so werden sie sich auch wie diese Massen verhalten müssen.

Was nun den Mond betrifft, so haben wir schon oben gefunden (§. 17), dass er in jeder Sekunde den Winkel von 0.5490 Sekunden, also den Bogen AM von 0.0000026617 Halbmesser der Mondsbahn beschreibt. Da aber in unseren gegenwärtigen Rechnungen dieser Halbmesser der Mondsbahn für die Einheit aller Distanzen angenommen worden ist, so wird die Anziehungskraft der Erde auf den Mond gleich sein der Hälfte des Quadrats der letzten Zahl, d. h. gleich 0.0000000000035423, und diese Zahl drückt also die Anziehung der Erde auf den Mond aus.

Da ferner, wie gesagt, diese Anziehungen der Sonne und der Erde, wegen der gleichen Distanzen der angezogenen Körper, sich wie die Massen der anziehenden Körper verhalten, so verhält sich auch die Masse der Sonne zur Masse der Erde, wie jene beiden Zahlen, d. h. wie 0.0000012631 zu 0.0000000000035423, oder in runder Zahl wie 360000 zu 1, oder die Masse der Sonne ist 360000 grösser als die Masse der Erde.

§. 39. (Vereinfachung der vorhergehenden Rechnungen.) Wem vielleicht die vorhergehenden Rechnungen mit den grossen, oder eigentlich mit den sehr kleinen Zahlen nicht bequem genug dünken, der kann sich, mit einer geringen Aenderung, das ganze Geschäft sehr abkürzen. In der That, es wurde oben gesagt, die Masse sei das Produkt der kleinen Linie BM in das Quadrat der Entfernung AC des angezogenen Körpers von dem anziehenden. Allein diese Linie BM ist gleich dem halben Produkte derselben Entfernung AC in das Quadrat des Bogens AM, oder was hier, wo es sich nur um Verhältnisse handelt, dasselbe ist, die Linie BM ist gleich dem Produkte der Entfernung in das Quadrat des Winkels ACM, welchen der angezogene Punkt in einer Sekunde beschreibt. Also ist auch die Masse des anziehenden Körpers gleich dem Quadrate dieses Winkels multiplicirt mit dem Würfel der Entfernung des angezogenen Punktes.

In dieser Gestalt unseres Satzes wird die vorhergehende Berechnung viel einfacher. In der That für die Sonne wird der erwähnte Winkel gleich 0''.0411 und die Entfernung gleich 399.2, also ist auch das Produkt des Quadrats der ersten Zahl in den Würfel der zweiten, oder die Masse der Sonne gleich 107430. — Für den Mond aber ist jener Winkel 0''.5490, und die Entfernung 1, also auch das erwähnte Produkt oder die Masse der Erde gleich 0.300172; woraus sofort folgt, dass die Masse der Sonne zur Masse der Erde sich verhält wie 107430 zu 0.300172 oder wieder in runder Zahl wie 360000 zu 1.

§. 40. (Analoge Bestimmung der Massen der Planeten.) Ganz ebenso wird man auch die Masse aller derjenigen Planeten bestimmen können, die mit Satelliten versehen sind. Der vierte Satellit Jupiters z. B. vollendet den Umlauf um seinen Hauptplaneten in 16.6890 Tagen, woraus folgt, dass er in einer Zeitsekunde den Winkel von 0.8988 Sekunden beschreibt,

während seine Entfernung von dem Mittelpunkte Jupiters 260287 Meilen beträgt. Die Entfernung der Erde von der Sonne aber ist 20682000 Meilen, also nahe 79.46 Mal grösser, als jene, und der Winkel, den die Erde während einer Sekunde um die Sonne zurücklegt, ist nach dem Vorhergehenden 0.0411 Sekunden. Multiplicirt man also das Quadrat von 0.0411 mit dem Würfel von 79.46, so erhält man für die Masse der Sonne die Zahl 847.47. Multiplicirt man aber das Quadrat von 0.8988 mit dem Würfel von 1, so erhält man für die Masse Jupiters die Zahl 0.80786. Die Masse der Sonne verhält sich daher zur Masse Jupiters wie 847.47 zu 0.80786 oder wie 1149 zu 1. Eben so findet man, dass die Masse Saturns $^1/_{3500}$, und die des Uranus $^1/_{20900}$ der Sonnenmasse beträgt u. s. w.

§. 41. (Andere Bestimmung der Masse der Sonne gegen die der Erde.) Man sieht, dass die vorhergehende Bestimmung der Massen sich eigentlich darauf reducirt, dass man für zwei Centralkörper die Grösse des Falles bestimmt, den die von ihnen angezogenen Körper während einer Sekunde erleiden, und dass man nur diesen Fall beider Körper auf dieselbe Entfernung bringen darf, um sofort auch das Verhältniss der Massen beider Centralkörper zu erhalten. So ist die Sonne der Centralkörper für die Erde, und diese ist wieder der Centralkörper für den Mond, so wie Jupiter ebenfalls der Centralkörper für seine vier Satelliten ist. — Ganz ebenso kann man aber auch den Mittelpunkt der Erde als den Centralkörper für die auf der Oberfläche der Erde frei fallenden Körper betrachten, und da die Grösse dieses Falles aus den Beobachtungen bekannt ist, so lässt sich auch daraus die Masse der Sonne ohne Beihülfe des Mondes unmittelbar ableiten. In der That, dieser Fall auf der Oberfläche der Erde beträgt, wie wir schon öfter erwähnt haben, 15 Fuss während einer Sekunde, und die Entfernung dieser fallenden Körper von dem Mittelpunkte der Erde ist dem Halbmesser der Erde gleich. Wenn aber diese Körper 24000 Mal weiter, d. h. wenn sie so weit, als die Erde von der Sonne, von dem Mittelpunkte der Erde entfernt wären, so würden sie, unserem allgemeinen Gesetze gemäss, in der ersten Sekunde nur nahe durch 15, dividirt durch das Quadrat von 24000, das heisst, nur nahe durch den Raum von 0.000000026042 Fuss gegen diesen Mittelpunkt der Erde, gegen ihren Centralpunkt fallen. Allein die Erde selbst fällt gegen ihren eigenen Centralpunkt, d. h. gegen die Sonne, wie wir oben gesehen haben, in derselben Zeit durch 0.009382 Fuss. Da nun diese beiden Fallhöhen sich wie die beiden anziehenden Kräfte, d. h. wie die Massen der beiden anziehenden Körper verhalten müssen, so ist die Masse der Sonne zu jener der Erde, wie die beiden letztgenannten Zahlen, d. h. wie 360000 zu 1, was auch oben gefunden wurde.

§. 42. (Ausdehnung dieses Gesetzes.) Bisher haben wir dieses Gesetz nur auf die Körper unseres Sonnensystems angewendet, und wir könnten uns begnügen, zu wissen, dass es bis an die äusserste Grenze desselben befolgt wird, da ohnehin alles, was jenseits dieser Grenze liegt, für uns grösstentheils noch ganz unbekanntes Land ist und wahrscheinlich auch lange Zeit bleiben wird.

Diese Grenze ist übrigens so weit von uns entfernt, oder das Reich der Sonne ist, im Vergleich mit allen Reichen der Erde, so gewaltig gross, dass wir Ursache haben, uns Glück zu wünschen, dass es uns

gelungen ist, das zwar kurze, aber mit der grössten Genauigkeit befolgte Gesetzbuch dieser wahrhaft unermesslichen Monarchie, des eigentlichen Sonnenstaates, aufgefunden zu haben. Von den Planeten, die wir bisher in diesem Sonnensysteme kennen, ist Neptun der weiteste von der Sonne. Er ist über 30 Mal weiter als die Erde, oder mehr als 600 Millionen deutsche Meilen von der Sonne entfernt. Eine Kanonenkugel, die in jeder Sekunde, ohne zu ermatten, 600 Par. Fuss zurücklegte, würde diesen Weg erst in 700 Jahren vollenden. Allein dieser Planet ist noch weit von der uns bekannten Grenze jenes Reiches entfernt. Derjenige Himmelskörper, der sich unter den bisher sicher berechneten wohl am meisten von der Sonne entfernt, ist der grosse Komet, der im Jahre 1680 erschienen ist. Er steht in seiner Sonnenferne über 880 Mal weiter als die Erde, oder nahe 17600 Millionen Meilen von der Sonne ab, und jene Kugel würde ihn erst in 21400 Jahren erreichen. Aber auch er gehorcht, wie die Rechnungen der Astronomen zeigen, dem oben (*I.* §. 143) erwähnten dritten Gesetze Kepler's, also auch dem allgemeinen Gesetze der Schwere, von welchem jenes, wie wir gesehen haben, nur eine Folge ist.

Aber ausser diesem Reiche? Jenseits der Grenzen des Sonnengebietes? Es scheint verwegen, um die Ereignisse, welche dort vorgehen, und um die Gesetze zu fragen, nach welchen sie vorgehen. Und doch — auch die Auflösung dieses Räthsels, so schwer es scheint, ist dem menschlichen Geiste bereits gelungen. Wir haben oben von einer eigenen Gattung von Fixsternen gesprochen, die man immer paarweise, sehr nahe neben einander stehend, antrifft. Wir erwähnten, dass bei mehreren dieser Doppelsterne der eine sich um den andern bewegt, dass man sogar bei einigen derselben schon die Gestalt der Bahn bestimmt hat, in welcher diese Bewegung vor sich geht, und dass man dabei das überraschende Resultat fand, dass die Bahn des einen dieser Sterne eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkt der andere Stern liegt, ganz so wie bei den Planeten und Satelliten unseres Systems, von deren elliptischen Bahnen auch der eine Brennpunkt von der Sonne oder von dem Hauptplaneten eingenommen wird. Allein schon Newton hat gezeigt, dass solche Bewegungen eine nothwendige Folge des Gesetzes der allgemeinen Schwere sind. Daraus würde also folgen, dass auch in jenen ungemessenen Fernen das Gesetz unseres Sonnensystems anerkannt wird, und dass es daher höchst wahrscheinlich das allgemeine Gesetz der ganzen, endlosen Natur ist. — Welcher Genuss würde Newton zu Theil geworden sein, ihm, der schon vor Freude über die Auffindung des Gesetzes unseres Systems in ein krankhaftes Entzücken verfiel, wenn er diese Ausdehnung seiner Entdeckung über den ganzen Weltenraum auch nur hätte ahnen können!

§. 43. (Bestimmung der Massen der Doppelsterne.) Wir haben oben bereits von mehreren dieser Sternenpaare die Umlaufszeit des einen um den andern mitgetheilt. So beträgt sie bei dem schönen Doppelstern Castor in den Zwillingen 997, bei ξ im grossen Bären 60, bei η in der nördlichen Krone 67 Jahre u. s. w. Wenn wir nun auch durch künftige Beobachtungen dahin gelangen sollten, die Halbmesser der Bahnen dieser Sterne in einem uns bekannten Masse, z. B. in Meilen, anzugeben, so würden wir daraus, ganz so wie oben bei den Planeten, auch den Fall dieser Gestirne gegen ihren Centralkörper finden können, und daraus mittelst

des allgemeinen Gesetzes der Schwere, auch denjenigen Fall bestimmen, den das Gestirn haben würde, wenn es von seinem Centralkörper eben so weit, als die Erde von der Sonne entfernt wäre. Dieser Fall mit demjenigeu verglichen, welchen unsere Erde in der That hat, würde uns dann sofort die Masse jenes Centralkörpers in Beziehung auf die Masse unserer Sonne kennen lehren.

§. 44. (Grösse und Dichtigkeit der Himmelskörper.) Wir haben bereits oben (*I.* Kap. 5) die Mittel angezeigt, deren sich die Astronomen bedienen, die Entfernungen der himmlischen Körper von der Erde zu finden. Wenn aber einmal diese Entfernung, z. B. in Meilen bekannt ist, so braucht man nur noch den Winkel zu beobachten, unter welchem uns der Halbmesser dieser Körper erscheint, um sofort auch die wahre Grösse dieses Halbmessers in Meilen zu erhalten. Man multiplicirt nämlich diesen Winkel durch die gegebene Entfernung und durch die bekannte Zahl 0.000004848 (§. 17), und das Produkt ist der Halbmesser des Gestirns in Meilen. So erscheint uns der Halbmesser der Sonne unter dem Winkel von 960 Sekunden, und ihre Entfernung von der Erde beträgt 20682000 Meilen, also beträgt auch der wahre Halbmesser derselben 96000 Meilen. Da nun der Halbmesser der Erde bekanntlich 859 Meilen hat, so ist der Halbmesser, also auch der Durchmesser der Sonne, nahe 112 Mal grösser, als jener der Erde. Da ferner die Oberflächen der Kugeln sich wie die Quadrate, und die Inhalte oder Volumina derselben wie die Würfel ihrer Halbmesser verhalten, so ist die Oberfläche der Sonne 12600 Mal grösser als die der Erde, und ihr Volum ist 1400000 Mal grösser als das der Erde. Eben so findet man das Volum Saturns 906, und das Jupiters 1470 Mal grösser, als das Volum der Erde.

Nachdem wir nun das Volum sowohl, als auch die Masse der Himmelskörper kennen gelernt haben, wird es keine Schwierigkeit mehr haben, auch die Dichtigkeit derselben zu bestimmen. Die Dichtigkeit eines jeden Körpers ist nämlich das Verhältniss seiner Masse zu seinem Volum, indem die Dichte derselben offenbar in demselben Verhältnisse grösser werden muss, in welchem die Masse bei demselben Volum grösser, oder in welchem das Volum bei derselben Masse kleiner wird. Man darf daher nur die Masse eines Körpers durch sein Volum dividiren, um die Dichtigkeit desselben zu erhalten.

So fanden wir oben für unsere Sonne die Masse 360000, und das Volum 1400000, wenn Masse und Volum der Erde als Einheit vorausgesetzt wird. Also ist auch die Dichte der Sonne 0.26, oder nahe $^1/_4$ von der Dichte der Erde. Die Masse Saturns wurde oben gleich 100, und das Volum dieses Planeten gleich 906 von dem der Erde gefunden, also ist auch die Dichte Saturns 0.11 oder nur der achte Theil von der Dichte der Erde. Die Dichte unserer Erde aber, dieselbe im Ganzen betrachtet, wurde nach einer Zusammenstellung, die wir Hrn. Faye verdanken, von den verschiedenen Beobachtern wie folgt bestimmt, wobei die Dichte des reinen Wassers als Einheit gilt:

Carlini und Plana aus Pendelbeobachtungen auf dem Mont Cenis	4.39
Maskelyne, Hutton, Playfair aus Abweichungen des Lothes am Mount Schehallien	4.71
H. James, aus Abweichungen des Lothes am Arthur Seat	5.32

Reich, mittelst der Mitchell'schen Drehwage	. . .	5.44
Cavendish, » » »	. . .	5.45
Baily, » » » »	. . .	5.66
Airy, aus Pendelversuchen in 400 Metres Tiefe	. .	6.57

Von diesen Angaben verdient wohl die ohnehin ziemlich in der Mitte liegende Baily'sche Zahl das meiste Vertrauen. Dieselbe ist den Tabellen am Ende des Werkes als Einheit für die Dichten der übrigen Planeten zu Grunde gelegt.

Kapitel IV.

Elliptische Bewegung der Himmelskörper.

§. 45. (Bewegungen in krummen Linien überhaupt.) Wir haben oben (§. 5) gesehen, dass, wenn ein Körper sich in einer geraden Linie und mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt, diese Bewegung nur die Folge eines ersten Impulses, eines Stosses sein kann, der bloss einen Augenblick thätig ist, dessen Wirkung aber, nach dem Gesetze der Trägheit (§. 10) ohne Ende fortdauert, wenn keine anderen, äusseren Einwirkungen diese Bewegung stören. Wenn daher ein Körper sich entweder in einer krummen Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit, oder in einer geraden Linie mit ungleichförmiger Geschwindigkeit, oder endlich, wenn er sich in einer krummen Linie mit veränderlicher Geschwindigkeit bewegt, so werden wir in allen diesen Fällen annehmen müssen, dass wenigstens zwei Kräfte auf ihn wirken. Die eine derselben kann ebenfalls ein blosser Impuls, ein anfänglicher, augenblicklicher Stoss oder Zug sein, in dessen Folge der Körper, wie zuvor, eine gerade Linie, deren Richtung die des Stosses ist, mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen würde. Wenn aber die wahre Bahn, die wir den Körper beschreiben sehen, eine krumme Linie, d. h. eine solche ist, deren Richtung sich immerwährend und in jedem Augenblicke ändert, so kann die andere der beiden auf ihn wirkenden Kräfte nicht mehr von der Art eines augenblicklichen Stosses, sondern sie muss, wie die oben betrachtete Attraktion der Erde, eine immerwährend und in jedem Augenblicke fortwirkende Kraft sein, weil nur durch eine solche Kraft die immerwährende Aenderung der Richtung der Bahn, so wie die stetige Aenderung der Geschwindigkeit des Körpers sich erklären lässt.

§. 46. (Zerlegung der Kräfte.) Es scheint auf den ersten Blick keine leichte Aufgabe zu sein, die Bahn eines solchen, von zwei Kräften nach verschiedenen Richtungen getriebenen Körpers zu bestimmen. Allein wir haben bereits oben (*I.* §. 77) eines allgemeinen Grundsatzes der Mechanik erwähnt, der uns hier ganz besonders zu statten kommen wird. Nach diesem Grundsatze, der mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt, bringt jede der beiden Kräfte auf den Körper ganz dieselbe Wirkung hervor, die sie hervorgebracht haben würde, wenn sie

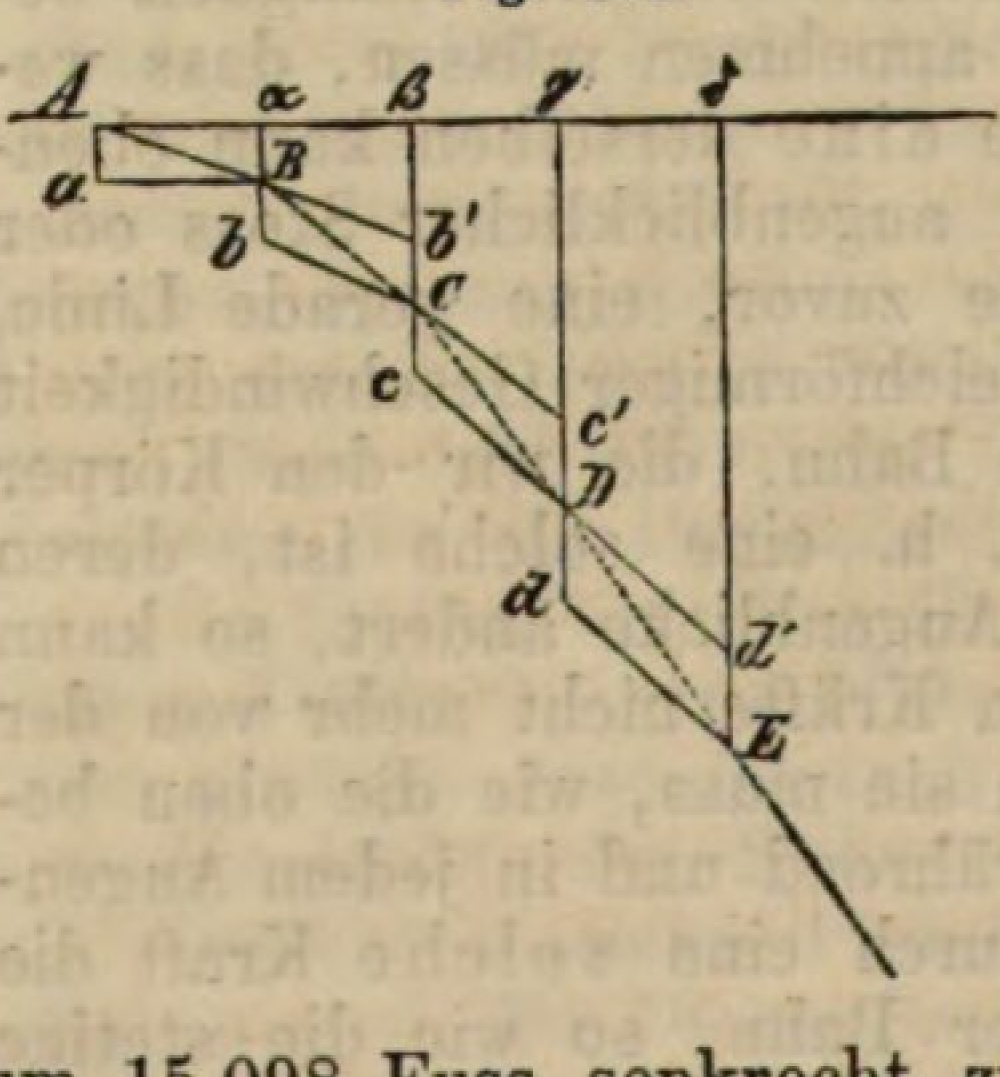
ganz allein auf ihn gewirkt hätte, oder wenn die andere gar nicht da gewesen wäre. Diesem Grundsatze gemäss, den man das Princip der Zerlegung der Kräfte nennt, und den wir schon oben (*I.* §. 77) besprachen, wird man also die Wirkungen der beiden Kräfte abgesondert betrachten können, wodurch das Geschäft der Bahnbestimmung ungemein erleichtert wird. Einige Beispiele werden diess sogleich näher erklären.

Newton hat im ersten Buche seiner Principien dieses Theorem von der Zerlegung der Kräfte ganz auf die Weise und mit den Worten erklärt, deren wir uns oben bei Auseinandersetzung desselben bedienten. Seine Nachfolger haben sich bemüht, es strenge zu beweisen. Es wäre aber zu wünschen, dass diese einfache und gemeinverständliche Darstellung wenigstens in unseren populären Lehrbüchern beibehalten worden wäre, und dass man, aus zu weit getriebener Vorliebe für die Rigorosität der Beweise, eine Erklärung, die Newton in sein unsterbliches Werk aufgenommen hat, nicht unter der scholastischen Würde gehalten hätte, mit welcher unsere Dogmatiker sich noch immer so gerne brüsten.

Das oben (*I.* §. 77) Vorgetragene bezieht sich zwar nur auf geradlinige und gleichförmige Bewegungen. Allein man sieht, dass es unmittelbar auch auf jede andere Bewegung angewendet werden kann, wenn man die krumme Linie der Bahn, wie diess in der Geometrie und Mechanik geschieht, in so kleine Theile zerlegt, dass man sie, ohne merklichen Fehler, als gerade Linien, deren jede mit gleichförmiger Bewegung zurückgelegt wird, betrachten kann.

§. 47. (Bahn der geworfenen Körper auf der Erde.) Es werde nun ein Körper *A* (Fig. 104) auf der Oberfläche der Erde in einer horizontalen Richtung $A\delta$ geworfen und zugleich in jedem Augenblicke von der Kraft der Erde angezogen. Wenn bloss der erste augenblickliche Impuls des Wurfes auf ihn wirkt, so würde er in jeder Sekunde die gleich grossen Theile $A\alpha$, $\alpha\beta$, $\beta\gamma$. . der horizontalen Linie $A\alpha\beta\gamma$. . beschreiben, von welchen z. B. jeder hundert Fus betragen soll. — Wenn aber bloss die Anziehung der Erde auf ihn wirkte, welche Wirkung man hier, aus der bereits oben (§. 8) angeführten Ursache als constant, und in unter sich parallelen oder senkrechten Richtungen annehmen kann, so würde dieser Körper in der ersten Sekunde (nach §. 9) um 15.098 Fuss senkrecht zur Erde fallen. Wir wollen diese Grösse, der Kürze wegen, ein Mass nennen. Wenn er also während der ersten Sekunde durch ein Mass fällt, so wird er, nach der Tafel des §. 8, während der zweiten durch 4, während der dritten durch 9, während der vierten Sekunde durch 16 Mass fallen u. s. w.

Fig. 104.



Diess vorausgesetzt, ziehe man durch die Endpunkte α, β, γ . . jener gleichen Theile der horizontalen Linie $A\delta$ die darauf senkrechten, oder die vertikalen Linien ab, βc, γd . . und nehme auf ihnen die Stücke

αB gleich 1 Mass
βC » 4 »
γD » 9 »
δE » 16 » u. s. f.,

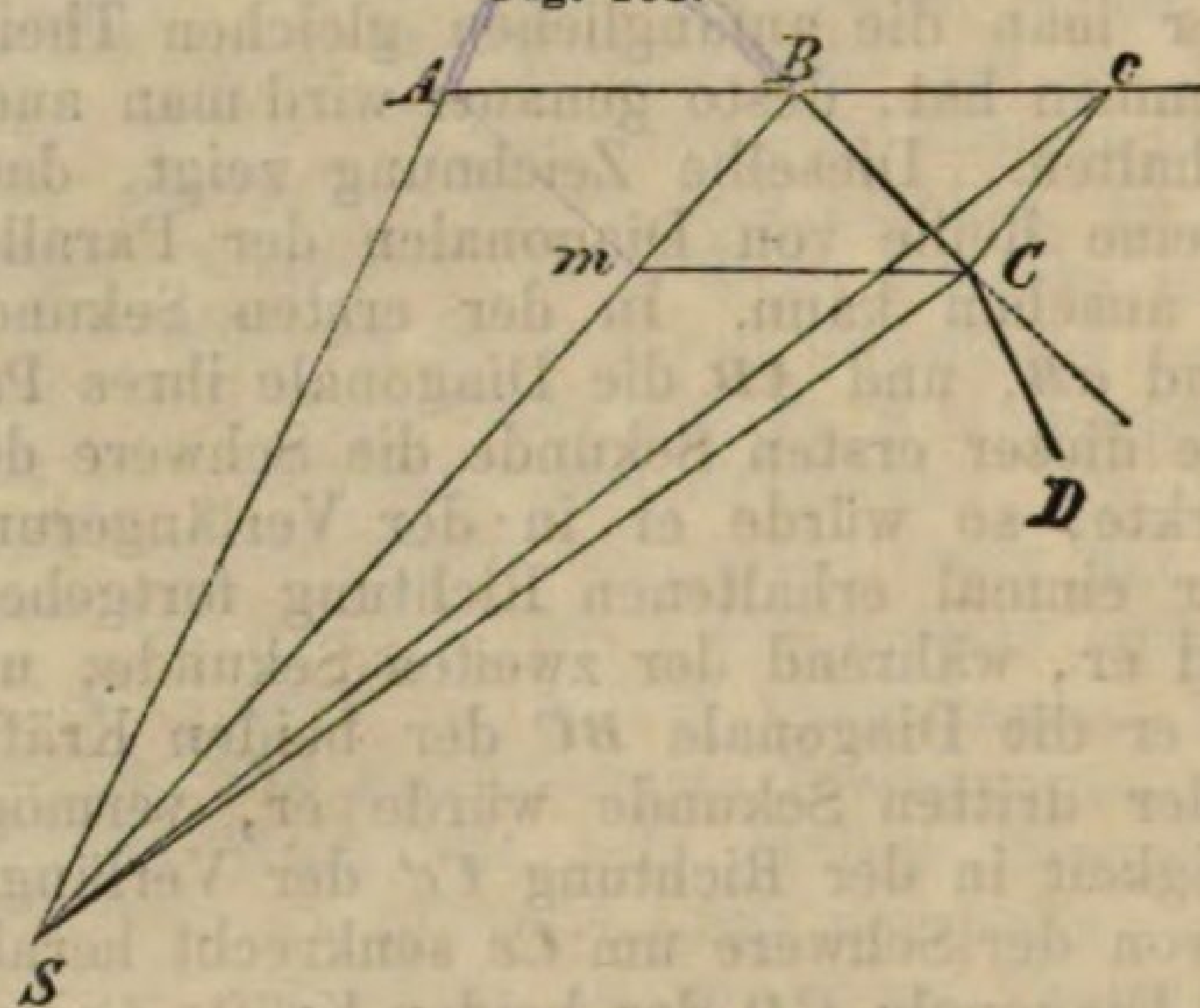
so werden A, B, C, D . . die Punkte sein, in welchen sich der geworfene Körper im Anfange der 1sten, 2ten, 3ten, 4ten Sekunde befindet. Vereinigt man dann diese Punkte durch eine etwa mit freier Hand gezogene krumme Linie $ABCD$. ., so erhält man die gesuchte Bahn des geworfenen Körpers. Je kleiner man die anfänglichen gleichen Theile der horizontalen Linie $A\delta$ genommen hat, desto genauer wird man auch diese krumme Linie selbst erhalten. Dieselbe Zeichnung zeigt, dass man diese krumme Linie als eine Reihe von Diagonalen der Parallelogramme jener beiden Kräfte ansehen kann. In der ersten Sekunde sind diese beiden Kräfte $A\alpha$ und αB, und AB die Diagonale ihres Parallelogramms. Wenn am Ende dieser ersten Sekunde die Schwere der Erde nicht auf den Körper wirkte, so würde er in der Verlängerung Bb' dieser Diagonale, nach der einmal erhaltenen Richtung fortgehen. Allein durch diese Schwere wird er, während der zweiten Sekunde, um die Linie Bb fallen, also wird er die Diagonale BC der beiden Kräfte Bb und Bb' beschreiben. In der dritten Sekunde würde er, vermöge der in C erhaltenen Geschwindigkeit in der Richtung Cc' der Verlängerung von BC fortgehen, aber von der Schwere um Cc senkrecht herabgezogen werden, so dass er die Diagonale CD der beiden Kräfte Cc und Cc' beschreibt u. s. w.

Da für die gleichen Abstände $A\alpha$, $\alpha\beta$, $\beta\gamma$. . der horizontalen Linie die darauf senkrechten Linien αB, βC, γD . . sich wie 1, 4, 9 . ., das heisst, wie die Quadrate der natürlichen Zahlen verhalten, und da diess eine bekannte Eigenschaft der Parabel (§. 51 unten), so ist dadurch auch die Bahn der über der Erde geworfenen Körper geometrisch bestimmt. Uebrigens sieht man, dass ein solcher Körper einen desto grössern parabolischen Bogen über der Erde beschreiben, oder dass er die Oberfläche derselben desto später erreichen wird, je grösser die anfängliche Wurfkraft, d. h. je grösser die Linie $A\alpha$ ist, so wie, dass diese Linie endlich auch so gross werden kann, dass der geworfene Körper die Erde gar nicht mehr erreicht, sondern eine krumme Linie um sie beschreibt, wo wir dann wieder auf denjenigen Fall zurückkommen, von welchem wir bereits oben (§. 35) gesprochen haben, nämlich auf einen künstlichen Satelliten der Erde, der, gleich unserem Monde, seine Bahn um diese Erde zurücklegt.

§. 48. (Princip der Erhaltung der Flächen bei Bewegungen durch Centralkräfte.) Diess leitet uns gleichsam von selbst auf die Bewegung der Satelliten um ihre Hauptplaneten, und auf die dieser Planeten um die Sonne, als um den Centralpunkt ihrer Bahnen. — Nehmen wir an, ein Planet A (Fig. 105) habe im Anfange seiner Bewegung durch irgend eine äussere Veranlassung einen Stoss erhalten, in dessen Folge er während der ersten Sekunde die gerade Linie AB zurücklegt. Wenn weiter keine Kraft auf den Planeten wirkte, so würde er in der zweiten Sekunde, nach derselben Richtung, die eben so grosse Linie $Bc = AB$ zurücklegen. Wenn aber auch die immer thätige Kraft der Sonne, deren unveränderlichen Ort wir in S annehmen wollen, auf ihn wirkt, so wird sie den Planeten während der zweiten Sekunde in der Richtung BS, etwa um die

Linie *Bm*, an sich ziehen. Demnach hat der Planet, wenn er in dem Punkt *B* ankommt, zwei Geschwindigkeiten: die eine *Bc*, nach dem Gesetze der Trägheit, in der Tangente seiner Bahn, und die andere *Bm* nach der Richtung gegen die Sonne *S*. Zieht man daher durch *c* die gerade Linie *cC* gleich und parallel mit *Bm*, und ergänzt das Parallelogramm *BCcm*, so wird die Diagonale *BC* dieses Parallelogramms den eigentlichen Weg des Planeten während der zweiten Sekunde vorstellen, und derselbe wird, am Ende dieser Sekunde, in dem Punkte *C* sein. Allein die beiden Dreiecke *ASB* und *BSc* haben gleiche Flächen, weil ihre Grundlinien *AB* und *Bc* gleich gross, und ihre Scheitel in demselben Punkte *S*, also in derselben Höhe über ihrer Grundlinie sind. Aber auch die beiden Dreiecke *BSc* und *BSC* haben gleiche Flächen, weil sie eine gemeinschaftliche Grundlinie *SB*, und ihre Scheitel *C* und *c* in einer Linie *Cc* haben, die zu jener Grundlinie parallel ist, so dass also auch dieses zweite Dreieckpaar, wie das erste, gleiche Basis und Höhe hat. Daraus folgt, dass auch die beiden äussersten Dreiecke, nämlich *ASB* und *BSC* gleiche Flächen haben, und eben dasselbe wird auch von den beiden Dreiecken *BSC* und *CSD* gelten, wenn der Planet am Ende der dritten Sekunde in dem Punkte *D* ist, und so fort für jeden folgenden Punkt.

Fig. 105.



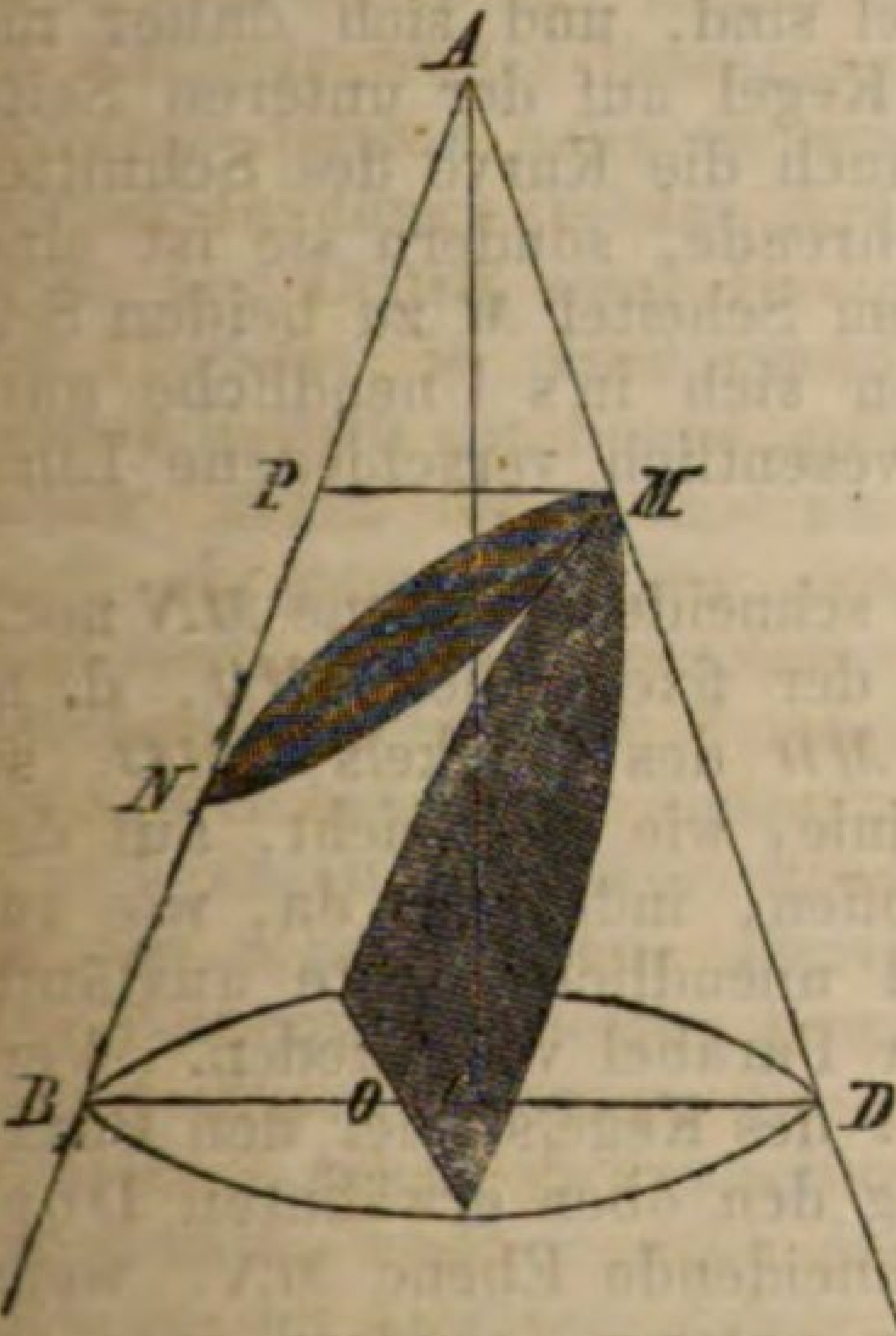
Man sieht daraus, dass, wenn die anziehende Kraft einen festen Punkt *S* einnimmt, oder wenn sie eine sogenannte Centralkraft ist, die Bewegung der von ihr angezogenen Körper immer so beschaffen sein muss, dass die Flächen *ASB*, *BSC*, *CSD* . ., welche die Radien *SA*, *SB*, *SC* . . um den Sitz *S* der Kraft beschreiben, der Zeit proportional sind, oder dass diese Flächen immer in 2, 3, 4 . . Sekunden auch 2, 3, 4 . . Mal so gross sind, als in einer Sekunde. Diess ist das erste Gesetz Kepler's, welches wir schon oben (*I.* §. 136) betrachtet haben. Kepler hatte dasselbe durch unmittelbare Beobachtungen auf bloss praktischem Wege, und nur für die elliptischen Bahnen der Planeten gefunden. Man sieht aber aus der vorhergehenden einfachen Deduktion, dass dasselbe überhaupt für alle Bahnen gilt, die durch eine Centralkraft erzeugt werden, und es ist leicht zu zeigen, dass derselbe Satz auch umgekehrt statthat, dass nämlich, so oft die von den Radien eines Körpers um einen festen Punkt beschriebenen Flächen der Zeit proportional sind, die sie bewegende Kraft eine Centralkraft oder eine solche Kraft sein müsse, die in diesem festen Punkte ihren Sitz hat.

§. 49. (Allgemeine Betrachtung der Kegelschnitte.) In der That ist es auch nicht nothwendig, dass die von den Planeten um die Sonne beschriebenen Bahnen immer die Gestalt einer Ellipse haben, selbst dann nicht, wenn die Kraft der Sonne, wie wir oben gezeigt haben, sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält.

Man kann nämlich durch Rechnung zeigen, dass bei einer so gestalteten Kraft der Sonne die Bahnen der um sie gehenden Körper überhaupt sogenannte Linien der zweiten Ordnung, oder dass sie **Kegelschnitte** sein werden, deren es im Allgemeinen drei Gattungen gibt, die wir hier etwas näher betrachten wollen.

Wenn man durch den Mittelpunkt eines horizontalen Kreises eine vertikale gerade Linie errichtet, und dann eine zweite gerade Linie um den höchsten Punkt dieser Vertikalen so herumführt, dass sie immer durch diesen Punkt und durch die Peripherie jenes Kreises geht, so beschreibt diese zweite, bewegliche Gerade eine krumme Oberfläche, die man einen **Kegel** nennt, von welchem jener oberste Punkt der **Scheitel** ist. Man kann sich die bewegliche gerade Linie auch über diesen Punkt unbestimmt verlängert denken, wo sie dann durch ihre oben angegebene Bewegung einen **Doppelkegel** beschreiben wird, von welchem jener feste Punkt als Mittelpunkt betrachtet werden kann. In Fig. 106 ist der untere Theil eines solchen Kegels vorgestellt, wo C der Mittelpunkt des Kreises BD, und CA die darauf senkrechte Gerade, wo AB oder AD die bewegliche Gerade, und A der Scheitel des Kegels ist.

Fig. 106.



Denken wir uns die Oberfläche dieses Kegels in irgend einem Punkte M derselben durch eine auf der Ebene der Zeichnung senkrecht stehende Ebene MN geschnitten, so wird der Durchschnitt der Kegelfläche mit der schneidenden Ebene MN eine sogenannte Linie der zweiten Ordnung sein. Diese Linie wird aber ganz andere Gestalten und Eigenschaften erhalten, wenn die **schneidende Ebene** MN selbst von verschiedener Lage ist. — Man unterscheidet hier vorzüglich **drei** Fälle. Um sie leichter zu trennen, wollen wir zuerst die fixe schneidende Ebene MO parallel mit der gegenüberstehenden Seite AB des Kegels legen und von ihr ausgehen, um dann auch die anderen Schnitte, die über und unter diesem fixen Schnitte liegen, zu betrachten.

§. 50. (Ellipsen.) Hier bemerken wir, dass, so lange die schneidende Ebene MN über der fixen Ebene MO, oder irgendwo in dem Winkel AMO liegt, der Schnitt der Ebene mit dem Kegel immer auch die dem Einschnittpunkte M gegenüber liegende Seite AB des Kegels trifft, und dass daher die durch diesen Schnitt erzeugte krumme Linie eine ringsum geschlossene Kurve bilden wird. Diese Kurven sind es, die in der Geometrie **Ellipsen** genannt werden. Wir haben ihre vorzüglichsten Eigenschaften bereits oben (*I.* §. 133) betrachtet. So lang die schneidende Ebene sehr nahe an MA liegt, wird die so entstehende Ellipse sehr länglich oder sehr excentrisch sein. Wie diese Ebene MN von MA weiter gegen MO herabrückt, wird die Excentricität der Ellipse kleiner, und wenn MN in eine solche Lage MP gekommen ist, dass sie mit der Ebene des Kreises BD parallel, oder dass sie senkrecht auf die

Axe *AC* des Kegels steht, so verschwindet diese Excentricität völlig, und der Kegelschnitt wird zu einem Kreise, der als eine Ellipse mit verschwindender Excentricität betrachtet werden kann. Wenn aber die schneidende Ebene *MN* noch weiter gegen die fixe Linie *MO* herabsinkt, so entstehen wieder Ellipsen, deren Grösse und deren Excentricität immer bedeutender wird, je tiefer die schneidende Ebene *MN* zu liegen kommt. Da man die Seitenlinien *AB* und *AD* des Kegels auch unter den Kreis *BD* unbestimmt verlängert sich vorstellen kann, so sieht man, dass der Schnitt, so lange er nur innerhalb des Winkels *AMO* statthat, immer noch die gegenüberstehende Seite *AB* oder ihre Verlängerung treffen, dass also die so entstehende Linie immer noch eine geschlossene Linie, eine Ellipse sein wird.

§. 51. (Parabeln.) Allein, so wie die schneidende Ebene *MN* diese Grenze erreicht und in die Lage der fixen Ebene *MO* kommt, ist diess nicht mehr der Fall. Hier geht nämlich der Schnitt nicht mehr durch die dem Punkte *M* gegenüber liegende Seite *AB* des Kegels, weil die beiden Linien *MO* und *AB* einander parallel sind, und sich daher nie schneiden können, so weit man auch den Kegel auf der unteren Seite des Kreises *BD* verlängert. Hier ist also auch die Kurve des Schnittes keine geschlossene, in sich selbst zurückkehrende, sondern sie ist eine gegenüber von *M* offene Linie, die von ihrem Scheitel *M* zu beiden Seiten der Linie *MO* mit zwei gleichen Aesten sich in's Unendliche ausbreitet. Diese krumme, von der Ellipse wesentlich verschiedene Linie heisst Parabel.

§. 52. (Hyperbeln.) Bewegt sich nun die schneidende Ebene *MN* noch weiter, oder auf die andere, untere Seite der fixen Ebene *MO*, d. h. fällt *MN* zwischen die Schenkel *OM* und *MD* des Winkels *OMD*, so bleibt die durch den Schnitt entstehende Linie, wie man sieht, auf der dem Punkte *M* gegenüber stehenden Seite offen, indem sie da, wie zuvor bei der Parabel, in zwei gleiche und unendliche Aeste ausläuft. Allein sie ist demungeachtet sehr von der Parabel verschieden. Verlängert man nämlich die Seiten *BA* und *DA* des Kegels über den Punkt *A*, und stellt man dadurch in der Zeichnung den oben erwähnten Doppelkegel her, so sieht man, dass die schneidende Ebene *MN*, wenn sie in den Winkel *OMD* fällt, nicht nur den unteren, sondern dass sie auch den oberen Kegel trifft, dass also die Ebene des Schnittes in diesem Falle durch beide Kegel geht, was nicht geschehen kann, so lange die schneidende Ebene *MN* in dem Winkel *AMO* oder über der fixen Ebene *MO* liegt. Die hier entstehende krumme Linie besteht demnach aus zwei von einander abgesonderten ähnlichen Theilen, welche ihre Scheitel einander zukehren, und von welchen jeder auf der seinem Scheitel gegenüber stehenden Seite mit zwei gleichen Aesten in's Unendliche ausläuft. Diese krumme Linie mit vier unendlichen Aesten heisst Hyperbel.

So lange also die schneidende Ebene *MN* über der fixen Ebene *MO* oder in dem Winkel *AMO* liegt, entstehen Ellipsen; fällt die schneidende Ebene in die *MO*, so entsteht die Parabel, und liegt endlich die schneidende Ebene unter der *MO*, oder in dem Winkel *OMD*, so entstehen Hyperbeln. Die Parabel ist demnach die Grenze, welche die Ellipsen von den Hyperbeln trennt, so wie auch der Kreis durch *MP* die Grenze von denjenigen Ellipsen ist, die über und unter ihm liegen,

und deren Excentricität immer grösser wird, je weiter sie sich von diesem Kreise, zu beiden Seiten desselben, entfernen. Für jeden Punkt *M* des Kegels, wo der Schnitt anfangen soll, gibt es, wie man sieht, nur eine einzige Lage *MO* der schneidenden Ebene, die den Schnitt zur Parabel macht, so wie auch nur eine einzige andere Lage *MP* den Kreis erzeugt; für die Ellipse und die Hyperbel aber gibt es unendlich viele Lagen, und es ist genug, dass die schneidende Ebene nur überhaupt über oder unter dem parabolischen Schnitte liege, um in dem ersten Falle eine Ellipse, und in dem zweiten eine Hyperbel zu erzeugen.

§. 53. (Anwendung auf die Bewegung der Planeten und Kometen.) Dieses vorausgesetzt, gehen wir nun wieder zu der Bewegung der Planeten um die Sonne zurück. Diese wird, nach dem Vorhergehenden, durch zwei Kräfte bewirkt. Die eine derselben ist die Kraft der Sonne, die sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung des Planeten von der Sonne verhält, und die daher, je nach der Verschiedenheit dieser Entfernungen, selbst als eine veränderliche Kraft betrachtet werden muss. Die andere aber ist der augenblickliche Impuls, der Stoss, den der Planet im Anfange seiner Bewegung, entweder durch die Anziehung irgend eines ihm damals nahe stehenden Körpers oder anderswoher erhalten hat. Die erste dieser beiden Kräfte würde, wenn sie allein da wäre, oder wenn der Planet seine Bewegung aus der Ruhe angefangen hätte, diesen Planeten in einer geraden Linie und mit immer beschleunigter Geschwindigkeit zur Sonne geführt haben, weil die Richtung dieser Kraft immer gegen die Sonne zu geht. Die zweite Kraft würde, wenn sie allein da gewesen wäre, den Planeten zwar auch in einer geraden Linie, aber, vermöge des Gesetzes der Trägheit, mit einer immer gleichen Geschwindigkeit nach derjenigen Gegend des Himmels hingeführt haben, nach welcher jener ursprüngliche Stoss selbst gerichtet war. Beide Kräfte zusammen aber werden den Planeten in einer krummen Bahn um die Sonne führen. Durch jenen Impuls hat er nämlich in dem ersten Augenblicke seiner Bewegung eine bestimmte Geschwindigkeit nach irgend einer Richtung, die im Allgemeinen nicht durch die Sonne geht, erhalten. Allein in demselben Augenblicke wird er auch von der Sonne angezogen, und er geht daher weder in der Richtung jenes Impulses noch in der Richtung dieser zur Sonne gekehrten Kraft, sondern er geht in der Diagonale des Parallelogramms (§. 46) einher, dessen Seiten die Grösse und Richtung jener beiden Kräfte darstellen. Diese Diagonale ist also die Tangente seiner krummen Bahn während des ersten Augenblickes. Sei *AB* (Fig. 105) das Stück der Tangente, welches der Planet im ersten Augenblicke zurücklegt. Wenn am Ende desselben die Kraft der Sonne nicht weiter auf ihn wirkte, so würde er mit der nun erhaltenen Geschwindigkeit und Richtung seinen Weg in dieser Tangente weiter verfolgen, und den Weg $Bc = AB$ zurücklegen. Allein die Sonne, die ihn auch während des zweiten Augenblickes wieder zu sich zu ziehen strebt, zwingt ihn jene erste Tangente zu verlassen, und neuerdings in der Diagonale *BC* des Parallelogramms einherzugehen, dessen Seiten *Bm* und *Bc* die Grösse und Richtung der Kraft der Sonne und derjenigen Kraft vorstellen, die am Ende des ersten Augenblickes auf den Planeten gewirkt hat, und die selbst wieder eine Complication von der Kraft der Sonne und von der des ersten Impulses ist. Diese Diagonale *BC* wird also der Weg des Planeten während des zweiten Au-

genblickes, oder sie wird wieder die Tangente seiner Bahn in dieser Zeit sein. Eben so wird die Diagonale *CD* das Element der Tangente der Bahn während des dritten Augenblickes sein u. s. w., und der ganze Weg des Planeten wird durch die gebrochene gerade Linie *ABCD* . . vorgestellt werden, die einer krummen Linie desto näher kommt, je kleiner wir ihre Theile oder je kleiner wir die Zwischenzeiten annehmen, während welcher wir den Planeten in seinen nach einander folgenden Stellungen betrachten wollen. Man kann daher auch annehmen, dass der Planet in jedem Punkte *B* seiner Bahn von zwei veränderlichen Kräften getrieben wird, nämlich von der Centralkraft *Bm* der Sonne, nach welcher er in jedem Augenblicke sich in gerader Linie der Sonne zu nähern, und von der Tangentialkraft *Bc*, nach welcher er in demselben Augenblicke ebenfalls in gerader Richtung, nämlich in der Richtung der letzten Tangente *AB* seiner Bahn fortzugehen strebt. Wie viel aber die Krümmung seiner Bahn in dem ersten, und in jedem folgenden Augenblicke seiner Bewegung betragen soll, diess hängt von dem Verhältnisse der Stärke des ursprünglichen Stosses zu der Stärke der Anziehung der Sonne ab. Dieses Verhältniss wird daher auch bestimmen, ob die Bahn des Körpers eine Ellipse, Parabel oder eine Hyperbel ist, und ob z. B. diese Ellipse sehr stark oder nur wenig excentrisch sein wird.

§. 54. (Nähere Bestimmung der anfänglichen Geschwindigkeit.) Man kann diese verschiedenen Fälle durch Rechnung mit grosser Genauigkeit angeben. Es ist jedoch hier nicht der Ort, die Gründe dieser Rechnung anzuführen, aber die einfachen Resultate derselben dürfen nicht ganz übergangen werden. — Nimmt man der Kürze wegen an, dass der Planet in demjenigen Punkte seiner Bahn, wo er der Sonne am nächsten ist, also in seinem Perihelium (*I.* §. 134) entstanden ist, und nennt man *a* die Entfernung dieses Periheliums von dem Mittelpunkte der Sonne, in Theilen, der halben grossen Axe der Erdbahn ausgedrückt, so sei *b* gleich der Zahl 5.823, dividirt durch die Quadratwurzel von *a*. Dieses vorausgesetzt, darf man nur die Grösse jenes ursprünglichen Impulses, d. h. die Geschwindigkeit des Planeten oder den Weg, in deutschen Meilen ausgedrückt, kennen, den er in seiner Sonnennähe während einer Sekunde zurücklegt, um daraus sogleich zu entscheiden, welchen der oben angeführten Kegelschnitte der Planet um die Sonne beschreiben muss.

Ist nämlich die anfängliche Geschwindigkeit des Planeten, in Meilen ausgedrückt, kleiner als die vorhergehende Zahl *b*, so ist die Bahn des Planeten eine Ellipse; ist sie eben so gross wie *b*, so ist die Bahn eine Parabel, und ist sie endlich grösser als *b*, so ist die Bahn eine Hyperbel.

So lange also die anfängliche Geschwindigkeit zwischen Null und der Grösse *b* liegt, entstehen immer Ellipsen, aber diese Ellipsen sind anfangs, bei einer sehr kleinen Geschwindigkeit, sehr länglich oder excentrisch. Wie diese Geschwindigkeit zunimmt, nimmt die Excentricität der Ellipsen ab, bis sie endlich, wenn diese Geschwindigkeit nahe drei Viertheile (genauer 0.707) von *b* beträgt, ganz verschwindet, und die Bahn ein vollkommener Kreis wird. Wenn von diesem Punkte an die Geschwindigkeit noch weiter wächst, so nimmt auch die Excentricität der nun entstehenden Ellipsen immer mehr zu, bis sie endlich, wenn

die Geschwindigkeit genau gleich b wird, in die Parabel, und bei einer noch grösseren Geschwindigkeit in Hyperbeln übergehen. Man sieht, dass auch hier, bei der eigentlich mechanischen oder astronomischen Betrachtung der Kegelschnitte, wie dort, bei der geometrischen, die Parabel als die Grenze zwischen den Ellipsen und Hyperbeln erscheint, und dass eben so der Kreis den Uebergang von der einen Gattung von Ellipsen zu der andern bildet.

§. 55. (Anwendung des Vorhergehenden auf die Bahn der Erde.) Diese Bestimmung der Planetenbahnen setzt also die Kenntniss der ursprünglichen Geschwindigkeit derselben voraus. Allein woher sollen wir diese nehmen? Die Körper des Himmels sind wahrscheinlich vor Millionen von Jahren, zu einer Zeit entstanden, wo das ganze Menschengeschlecht noch nicht existirte. In welchem Archive sollen wir nun die Nachrichten aus jenen Zeiten suchen? — Wir werden unten sehen, dass die Bewegungen der Planeten, wie sie uns von den ältesten Beobachtern überliefert worden sind, auf das Genaueste mit denen übereinkommen, die wir in unseren Tagen beobachten, und dass man sehr gute Gründe hat, die Unveränderlichkeit dieser Bewegungen selbst noch für viel grössere Zeiträume mit Sicherheit vorauszusetzen. Wir dürfen daher nur jetzt die Geschwindigkeit eines dieser Himmelskörper zur Zeit, wo er der Sonne am nächsten ist, beobachten, um versichert zu sein, dass er viele Jahrtausende durch, so oft er diesen Punkt seiner Bahn erreicht, auch immer wieder dieselbe Geschwindigkeit so wie denselben Abstand von der Sonne haben werde.

Unsere Erde z. B., um das Vorhergehende sogleich auf sie anzuwenden, ist in ihrem Perihelium um den 0.9832sten Theil der halben grossen Axe ihrer elliptischen Bahn von dem Mittelpunkte der Sonne entfernt, und sie hat in diesem Punkte ihres Weges eine Geschwindigkeit, mit welcher sie in einer Sekunde 4.19 deutsche Meilen zurücklegt. Für diesen Fall ist also die Grösse a gleich 0.9832, und daher die Grösse b gleich 5.87 Meilen. Wäre demnach die Geschwindigkeit der Erde, zur Zeit ihrer Entstehung in der Sonnennähe, gleich 5.87 Meilen, so würde die Bahn der Erde eine Parabel sein. Wäre diese Geschwindigkeit aber grösser gewesen, als 5.87 Meilen, so würde sich die Erde in einer Hyperbel um die Sonne bewegen. In diesen beiden Fällen würde sich unsere Erde in den unendlichen Aesten dieser krummen Linien immer mehr von der Sonne entfernt haben, ohne je wieder zu ihr zurückkehren zu können. Es ist immerhin möglich, dass mehrere unserer Kometen wirklich in solchen Bahnen einhergehen. Welche Veränderungen, welche Schicksale würden aber die Erde mit ihren Bewohnern getroffen haben, wenn sie im Augenblicke ihrer Entstehung von diesem Falle getroffen worden wäre? Ihre anfängliche Geschwindigkeit war 4.19 Meilen, $1\frac{1}{2}$ Meilen kleiner als jene, die ihr so verderblich hätte werden können. Und eben weil sie kleiner als 5.87 war, wurde die Bahn der Erde eine Ellipse. Wäre diese Geschwindigkeit 4.15 Meilen gewesen, so würde die Erdbahn ein vollkommener Kreis geworden sein. Die wahre Geschwindigkeit der Erde beträgt aber nur 4.19 Meilen, ist also um 0.04 Meilen grösser, als die Kreisgeschwindigkeit, daher unsere Ellipse zu denen gehört, die (Fig. 106) unter dem Kreise, gegen die Parabel hin, und zwar sehr nahe an dem Kreise liegen, daher auch ihre Excentricität sehr klein ist, oder ihre Gestalt der eines Kreises

46*

sehr nahe kommt, was alles mit unseren Beobachtungen vollkommen übereinstimmt.

Anders verhält es sich schon mit Merkur, diesem der Sonne nächsten Planeten, dessen Excentricität bedeutender ist; für ihn hat man die Grösse *b* gleich 10.50 Meilen. Eine solche Geschwindigkeit würde seine Bahn zu einer Parabel, und eine noch grössere zu einer Hyperbel gemacht haben. Allein seine beobachtete Geschwindigkeit im Perihel ist 8.15, also 2.35 Meilen kleiner als jene, und im Gegentheile 0.72 Meilen grösser als die Kreisgeschwindigkeit, daher die Bahn Merkurs wohl noch eine Ellipse, aber eine von dem Kreise schon entferntere, oder ziemlich excentrische Ellipse ist. Für Uranus hat man die beobachtete Geschwindigkeit im Perihel gleich 0.98 Meilen, während die für den Kreis 0.96, und die für die Parabel 1.36 Meilen betragen würde.

§. 56. (Wahrscheinlichkeit der Ellipse.) Man sieht, dass unter allen möglichen unzähligen Geschwindigkeiten, die ein Körper erhalten kann, nur eine einzige die Parabel und ebenso eine gewisse andere den Kreis hervorbringt, während es im Gegentheile unendlich viele gibt, welche die Bahn zu einer Ellipse oder Hyperbel machen. Daraus folgt die äusserst geringe Wahrscheinlichkeit, dass ein Körper unseres Systems sich um die Sonne in einem Kreise oder in einer Parabel bewege, um so mehr, als selbst wenn solche Bahnen zufällig einmal entständen, die kleinste Aenderung der Geschwindigkeit, etwa durch Anziehung eines dritten Körpers hinreichte, dieselben in Ellipsen oder Hyperbeln zu verwandeln, welche beiden Linien man also als die bei weitem wahrscheinlichsten betrachten muss. Die Ellipse aber wird wieder im Allgemeinen leichter stattfinden, als die Hyperbel, weil für Hervorbringung der Ellipse schon der geringste ursprüngliche Stoss hinreicht, während im Gegenhtheile für die Hyperbel nur solche Kräfte genügen, die bereits eine bestimmte Grösse übersteigen. In der That kennen wir auch keinen Himmelskörper, dessen Bahn genau kreisförmig oder entschieden parabolisch wäre. Die bisher entdeckten Planeten bewegen sich alle in Ellipsen von verhältnissmässig kleiner Excentricität, während die Kometen in sehr excentrischen, grösstentheils der Parabel sehr nahe kommenden Bahnen einhergehen, die man nur in den seltensten Fällen noch als Ellipsen zu erkennen im Stande ist (*I.* §. 170, 191).

Wir werden also annehmen können, dass die im verkehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung wirkende Kraft der Sonne, verbunden mit der Kraft eines Impulses, welchen der Planet im Augenblicke seiner Entstehung erhalten hat, den Planeten im Allgemeinen in einer Ellipse um die Sonne führt, in welcher Ellipse die Sonne einen der beiden Brennpunkte einnimmt. Da sich nun der Planet, wenn er von seinem Aphelium ausgeht, in der ersten Hälfte seiner Bahn der Sonne nähert, in der darauf folgenden zweiten Hälfte aber wieder von ihr entfernt, so hört man von den mit dem Gegenstande weniger bekannten Lesern öfter den Zweifel aufwerfen, wie es möglich sei, dass die Kraft der Sonne, die doch den Planeten in allen Punkten seiner Bahn anziehen soll, ihn auch zuweilen von sich entfernen könne? — Eine geringe Ueberlegung wird aber bald die Antwort auf diese Frage finden. Wenn ein Planet von seiner Sonnennähe ausgeht, so steht die Richtung seiner Bewegung, die immer durch die Tangente seiner Bahn angedeutet wird, senkrecht auf seinem Radius oder auf der Linie, welche

ihn mit der Sonne verbindet. Da er hier der Sonne am nächsten ist, so wird er auch am stärksten von ihr angezogen. Da aber auch seine Geschwindigkeit in der Tangente hier die grösste ist, und da, wie die Rechnung zeigt, dieses Fortschreiten in der Tangente während einer bestimmten Zeit viel beträchtlicher ist, als die Annäherung zur Sonne in derselben Zeit, so ist hier, im Perihelium, die Tangentialkraft die überwiegende, und der Planet muss sich von der Sonne entfernen. Während er nun in dieser ersten Hälfte seiner Bahn einhergeht, sucht ihn die Kraft der Sonne immerwährend an sich zu ziehen, und seiner jetzt statthabenden, von der Sonne abgewendeten Bewegung entgegen zu wirken. Dadurch vermindert sich allmählich die Tangentialgeschwindigkeit des Planeten so lange, bis er endlich in seinem Aphelium ankommt. In diesem Punkte ist seine Tangentialkraft am kleinsten, so wie auch die Attraktion der Sonne, wegen der sich bisher immer vergrössernden Entfernung des Planeten, am schwächsten geworden ist. Allein dem ungeachtet ist die letzte Kraft in diesem Punkte der Bahn noch beträchtlich grösser, als die Tangentialkraft, oder mit anderen Worten, die Centralkraft überwiegt, und der Planet muss sich daher in der zweiten Hälfte seiner Bahn der Sonne wieder nähern, bis er im Perihelium ankommt, um von da ganz auf dieselbe Weise eine zweite Revolution um die Sonne zu wiederholen.

§. 57. (Die Kometen gehören einem Systeme höherer Ordnung an.) Zum Schlusse wollen wir noch die Frage zu beantworten suchen, welchem Weltensysteme die Kometen im Allgemeinen angehören; denn dass nur ausnahmsweise einige wenige so recht eigentlich als Körper unseres Sonnensystems zu betrachten seien, dürfte schon aus dem Vorhergehenden einleuchten. Fassen wir hierzu die Geschwindigkeit der Kometen in's Auge. Je gestreckter die Ellipse, oder, was dasselbe sagen will, je mehr die Ellipse sich einer Parabel und folglich ihre Excentricität der Einheit nähert, desto kleiner ist die Geschwindigkeit im Aphelium im Verhältnisse zur Geschwindigkeit im Perihel. Bewegt sich ein Körper genau in einer Parabel um die Sonne, so gibt es für ihn kein Aphelium mehr; seine Entfernung von der Sonne kann in's Unendliche wachsen, seine Geschwindigkeit wird in's Unendliche abnehmen, und es lässt sich zeigen, dass in zwei verschiedenen Punkten seiner Bahn die Geschwindigkeiten den Quadratwurzeln aus den Leitstrahlen (*I.* §. 133) dieser Punkte umgekehrt proportionirt sind. Bewegt sich endlich ein Körper in einer Hyperbel um die Sonne, so nimmt seine Geschwindigkeit zwar auch vom Perihel an immer mehr und mehr ab, aber diese Abnahme geht nicht bis in's Unendliche fort, so dass er, mag er sich auch noch so weit von der Sonne entfernt haben, dennoch immer eine bestimmte endliche Geschwindigkeit besitzt; diese wird aber in einer gegebenen Entfernung von der Sonne um so kleiner sein; je näher die Hyperbel einer Parabel kommt, oder je weniger ihre Excentricität die Einheit übersteigt. Alles, was wir so eben über die Geschwindigkeit eines um die Sonne kreisenden Körpers gesagt haben, fasst die Mechanik in einer sehr einfachen Formel zusammen, die den Ausdruck der Geschwindigkeit in einem beliebigen Punkte seiner Bahn vorstellt. Nennt man nämlich diese Geschwindigkeit v, den Leitstrahl des Beweglichen r, die halbe Grosse Axe der Bahn a, und bezeichnet man durch ε eine gewisse Zahl, welche während der Bewegung des Körpers unge-

ändert bleibt, und in deren nähere Bedeutung wir nicht weiter eingehen wollen, so lautet die eben erwähnte Formel:

$$v = \varepsilon \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}.$$

Dabei wird bloss die Sonne als anziehender Körper angenommen, und von den ohnediess sehr kleinen Einwirkungen der Planeten auf das Bewegliche ganz abgesehen. Will man diese Formel für die Ellipse, Parabel und Hyperbel specialisiren, so muss man a beziehungsweise positiv, unendlich gross und negativ setzen, und an den so erhaltenen drei Ausdrücken wird man alles sehen, was oben über die Geschwindigkeit gesagt wurde.

Nun haben uns aber, wie gesagt, die Beobachtungen gelehrt, dass die Bahnen der meisten Kometen fast genau die parabolische Gestalt haben; dass ferner zwar einige, die sich in unserem Sonnensysteme festgesetzt, von der Parabel sehr abweichen, und Ellipsen mit ziemlich kurzer Umlaufszeit beschreiben, dass aber unter allen denen, die sich den Beobachtungen zu Folge in einer Hyperbel bewegen, kein einziger ist, dessen hyperbolische Bahn bedeutend von der Parabel sich entfernt. Daraus schliessen wir also, dass von den bisher beobachteten Kometen alle diejenigen, welche sich sehr weit ausser unser Planetensystem hinausbewegen, in diesen grossen Fernen an Geschwindigkeit so sehr verlieren, dass sie für uns fast stille zu stehen scheinen, oder was dasselbe ist, dass ihre relative Geschwindigkeit gegen die Sonne, sobald sie sich sehr weit von dieser entfernt haben, verschwindet. Allein diese Sonne darf selbst nicht als ruhend im Raume vorausgesetzt werden; sie hat vielmehr, wie die Untersuchungen von Argelander, O. Struve und anderen übereinstimmend zeigen (*II.* Abth.), eine bedeutende Eigenbewegung, vermöge welcher sie gegenwärtig auf das Sternbild des Herkules zuschreitet. Und wie die Sonne, so haben gewiss auch die übrigen Fixsterne eine fortschreitende Bewegung, und alles scheint darauf hinzudeuten, dass der ganze uns umgebende Fixsternhimmel, vielleicht auch die Milchstrasse noch mit einbegriffen, nur Ein grosses System bilden, dem eine gemeinschaftliche Bewegung um seinen Schwerpunkt zukommt. Da nun bei einer solchen Bewegung die Sonne mit den ihr zunächst liegenden Fixsternen so ziemlich einerlei Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung haben wird, die Kometen also, wenn sie in grosser Entfernung von der Sonne fast in relativer Ruhe gegen diese begriffen sind, ungefähr dieselbe absolute Bewegung besitzen müssen, wie die Sonne und die ihr benachbarten Fixsterne; so folgt daraus, dass die Kometen an der gemeinschaftlichen Bewegung der Fixsterne theilnehmen, und sonst keine ihnen ursprünglich eigene Bewegung haben. Hätten sie eine solche, so müssten sie in grosser Ferne von der Sonne oder beim Eintritte in unser Sonnensystem und ebenso beim Austritte eine bedeutende relative Geschwindigkeit gegen die Sonne äussern, und ihre Bahnen würden durch die Anziehung der Sonne Hyperbeln werden, die von der parabolischen Gestalt sehr verschieden wären. Es scheint also, dass die Kometen im Allgemeinen wesentliche Bestandtheile, nicht etwa unseres Sonnensystems, sondern des grossen Fixsternsystems, welchem die Sonne angehört, ausmachen, und dass sie es sind, welche die unendlichen Räume zwischen

den einzelnen Fixsternen bevölkern, worauf in obiger Schlussfolge zuerst C. Hornstein hinwies. Man darf aber nicht vergessen, dass dieses alles blosse Vermuthung ist, die sich auf die spärlichen, bisher über die Natur der Kometen gesammelten Daten gründet, und es jedenfalls erst späteren Zeiten vorbehalten bleibt, Resultate mit grösserer Sicherheit in diesem Zweige der Astronomie zu gewinnen.

Kapitel V.

Störungen der Planeten überhaupt.

§. 58. (Allgemeine Uebersicht dieser Störungen.) Wenn bloss die Erde nebst der Sonne in unserem Planetensysteme existirte, so würde es ein Leichtes sein, die Bahn der Erde nach allen ihren Beziehungen auf das Genaueste zu bestimmen. Diese Bahn würde nämlich, nach dem vorhergehenden Kapitel, eine Ellipse sein, und schon wenige gute Beobachtungen würden hinreichen, die Lage, Grösse und Gestalt dieser Ellipse kennen zu lernen.

Allein nebst dieser Erde bewegen sich noch mehrere Planeten, und vielleicht unzählige Kometen um die Sonne, und da diese Körper, wie alle, die Eigenschaft haben, alle andern Körper nach dem oben (§. 16 und §. 33) angegebenen allgemeinen Gesetze anzuziehen, so wird dadurch die Ellipse, welche jeder dieser Körper, wenn er allein da wäre, um die Sonne beschreiben würde, auf das Mannigfaltigste abgeändert. Während zum Beispiel Jupiter durch die Kraft der Sonne in seiner grossen elliptischen Bahn um dieses Gestirn geführt wird, suchen ihn auch alle übrigen, besonders die ihm näher stehenden Planeten, Saturn und Mars, durch ähnliche Kräfte immerwährend aus dieser Bahn heraus zu ziehen. Nach der verschiedenen Stellung und Entfernung der ihn umgebenden Planeten wird er von denselben bald zur Sonne hin-, bald von ihr weggezogen; dieser bewegt ihn auf seinem Wege vor-, jener rückwärts; dieser erhebt ihn über, jener zieht ihn unter seine ursprüngliche Bahn. Auf diese Weise ist dieser Planet, und dasselbe gilt auch von allen übrigen, weit entfernt, eine reine Ellipse um die Sonne zu beschreiben, sondern seine Bahn ist vielmehr eine äusserst zusammengesetzte, eine jeden Augenblick veränderliche krumme Linie, deren völlig strenge Bestimmung alle Kräfte unserer Analyse übersteigt und so gut als ganz unmöglich ist. Dazu kommt noch, dass die Ekliptik, auf die wir in unseren Rechnungen alle Orte der Planeten beziehen, durch eine ähnliche Wirkung aller Planeten auf die Erde selbst wieder jeden Augenblick eine andere Lage einnimmt. Durch diese Aenderungen, so wie durch die bereits oben (*I.* Abth. Kap. 12) betrachteten Veränderungen der Präcession und Nutation, wird gleichsam die ganze Sphäre des Himmels erschüttert, der Anfangspunkt, von dem wir alle Orte der Gestirne zählen, verrückt, und aus dem letzten dieser Gestirne das erste, aus dem ersten das letzte gemacht, so dass an dem Himmel, an

welchem wir früher nur Ordnung und Harmonie zu bewundern pflegten, jetzt alles Unordnung und Verwirrung wird, und dass von der grossen Karte, die wir uns von demselben entworfen haben, am Ende auch nicht ein einziger Punkt in Ruhe bleibt, durch welchen wir diese nach allen Richtungen unter einander verschlungenen Bewegungen fesseln könnten. Um so weniger vermögen wir dieses verworrene Chaos zu übersehen, als wir dasselbe nicht einmal von einem festen Standpunkte, sondern wieder von einer jährlich um die Sonne und täglich um sich selbst sich wälzenden Kugel beobachten müssen, die überdiess selbst wieder von allen Planeten hin und wieder gezogen, und um die Verwirrung zu vollenden, noch mit einer Hülle umgeben ist, welche, die Quelle unzähliger Täuschungen, uns kein einziges dieser Gestirne an dem Orte erblicken lässt, welchen dasselbe in der That am Himmel einnimmt.

§. 59. (Schwierigkeit der Bestimmung derselben.) Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, scheint die genaue Bestimmung des Ortes eines Planeten oder Kometen, und überhaupt die ganze Astronomie alle menschlichen Kräfte weit zu übersteigen. In der That, wenn man bedenkt, wie viele Jahrtausende erfordert wurden, bis der menschliche Geist nur die grösste und auffallendste und ihm zunächst liegende von allen diesen Erscheinungen, die doppelte Bewegung seiner Erde, erkennen lernte, so muss man an der vollständigen Auflösung dieses höchst verwickelten Problems selbst für alle Folgezeit beinahe verzagen. Dieses Problem besteht nämlich, um es kurz zu sagen, im Folgenden: Wenn die Geschwindigkeiten und die Richtungen der Bewegung von nahe hundert Himmelskörpern gegeben sind, deren jeder alle anderen anzieht und von allen anderen angezogen wird, so soll man durch Rechnung den Ort und die Geschwindigkeit eines jeden dieser Körper für jeden Augenblick irgend eines verflossenen oder noch kommenden Jahrhunderts bestimmen. Die Stellungen dieser Körper unter einander ändern sich immerwährend, und mit jeder neuen Stellung wird auch eine neue Wirkung derselben auf einander erzeugt, und jede Veränderung dieser wirkenden Kraft bringt wieder eine neue Stellung dieser Körper gegen einander und gegen die Sonne hervor. — Es war daher ein kühnes, ein beinahe verwegenes Unternehmen des menschlichen Geistes, sich an die Auflösung einer solchen Aufgabe zu machen.

Und doch hat man es gewagt, und glücklich gewagt. Diess wird auch der mit den Mitteln, die zu diesem Zwecke führen, ganz Unbekannte willig zugeben, da jeder gemeine Kalender unwiderlegliche Beweise für diese Behauptung liefert. Die Astronomen berechnen in diesen Volksbüchern die Finsternisse der Sonne und des Mondes auf Sekunden voraus, und Jedermann weiss aus eigener Erfahrung wie genau sie zutreffen. Sie haben Jahrhunderte vorher den Augenblick berechnet, wann auf einer bestimmten Stelle der Erde, gleichviel ob in Lappland oder auf der Insel Otaheiti die Venus vor der Sonne erscheinen wird. Voll Vertrauen in ihre Voraussagungen hat man Schiffe ausgerüstet, um dieses Phänomen an jenen und noch an vielen andern Orten der Erde zu beobachten, und das Vertrauen wurde nicht getäuscht. Kurz, die Sache steht jetzt so, dass jeder wahre Astronom um jeden Preis eine sichere Wette eingehen kann, dass Jupiter oder irgend ein anderes gleich gut bekanntes Gestirn des Himmels nach einer bestimmten Anzahl von

Jahren zu einer gegebenen Sekunde unter dem Spinnfaden seines heute gestellten Fernrohres erscheinen wird. Wer die Präcision der heutigen astronomischen Tafeln kennt, wird diese Angabe nicht übertrieben finden. Allein, wenn diess so ist, — und wie gesagt, Niemand, der diese Wissenschaft näher kennt, kann daran zweifeln, — so muss auch das oben erwähnte grosse Problem aufgelöst sein, da sonst diese Leistungen offenbar unmöglich wären.

§. 60. (Erleichterungen: I. Grosse Entfernung der Gestirne von uns.) Und durch welche Mittel, durch welche Kunstgriffe ist es uns möglich geworden, eine der grössten und höchsten, die wohl je dem menschlichen Geiste gegeben worden sind, aufzulösen? — Die Leser werden nicht erwarten, dass wir sie in das Labyrinth der mathematischen Berechnungen einführen, in welchem sie dem leitenden Faden der Ariadne wohl nur mit Widerstreben folgen würden. Wir wollen uns daher begnügen, nur einige von den Umständen anzugeben, durch welche uns diese unter anderen Verhältnissen allerdings unübersteiglichen Hindernisse zu besiegen möglich geworden ist.

Zuerst wollen wir bemerken, dass die ungemeine Präcision, mit welcher die Astronomen die Lage der Gestirne angeben, oft nur scheinbar ist, und dass diese Angaben uns in den meisten Fällen sehr ungenau erscheinen würden, wenn wir sie, mit dem Massstabe in der Hand, an Ort und Stelle nachmessen könnten. Die Astronomen werden dieses selbst ohne Zweifel willig zugeben, wenn wir andern dafür, der Wahrheit zur Steuer, eben so willig zugestehen, dass sie dessen ungeachtet mit den grössten Schwierigkeiten siegreich gekämpft, dass sie ihre Wissenschaft zu dem Stolze des menschlichen Geistes erhoben, und dieselbe viel weiter gebracht haben, als man von irgend einer andern rühmen kann. — Sie können den Ort eines Planeten, auf Jahrhunderte voraus, bis auf die Genauigkeit der Dicke eines Spinnfadens am Himmel bestimmen. Das scheint allerdings eine sehr grosse, und ist auch in der That, wenn man die dabei zu überwindenden Schwierigkeiten bedenkt, eine bewunderungswürdige Genauigkeit. Aber dieser Spinnfaden, vor unser Auge gehalten, bis er am reinsten erscheint, wie viel bedeckt er wohl an der Sphäre des Himmels? — Ein ziemlich feiner etwa zehn Sekunden. Und diese zehn Sekunden, wie viel betragen sie z. B. von dem Umkreise auch nur der Uranusbahn? — Beiläufig achtzehntausend Meilen oder mehr als zehnmal den Durchmesser unserer ganzen Erde. Bei dem uns nächsten Fixstern, der etwa (*I.* §. 72) vier Billionen Meilen von uns absteht, würden diese zehn Sekunden volle zweihundert Millionen Meilen betragen. Solche Dinge nennen die Astronomen eine Kleinigkeit, und gewissermassen mit Recht, denn ein Fehler von zehn Sekunden in der Peripherie eines Kreises beträgt doch erst den 129600sten Theil des Ganzen. Wie wenige Dinge gibt es aber, selbst unter denen, die uns hier unten zunächst umgeben, deren Durchmesser oder deren Umfang wir bis auf den hunderttausendsten Theil des Ganzen kennen? — Dessen ungeachtet bleibt es wahr, dass diese Grössen an sich selbst sehr bedeutend sind, so gering sie uns auch in jenen grossen Entfernungen erscheinen. Und wohl uns, dass sie uns so erscheinen. Denn wenn wir dieses Gewirre von zahllosen Himmelskörpern ganz nahe vor unseren Augen hätten, und wenn wir jede kleine Abweichung der so wunderbar unter einander verschlungenen Bewegungen sehen könnten,

so würde es wahrscheinlich Keinem von uns auch nur einfallen, die Gesetze aufzusuchen, nach welchen alle diese Erscheinungen vor sich gehen. Dort oben aber, in jenen ungemessenen Räumen, zeigen sich die Veränderungen, welche mit den Himmelskörpern vorgehen, für uns, selbst mit den stärksten Fernröhren nur in ihren grossen, gleichsam in ihren rohen Zügen, daher es uns noch möglich wird, die Hauptmomente derselben rein aufzufassen, ohne uns von dem Detail dieser Erscheinungen beirren oder übertäuben zu lassen. In dieser Beziehung also ist das Problem, die wahre Bahn eines Planeten unseres Sonnensystems zu bestimmen, so schwer es auch an sich sein mag, doch immer noch unendlich leichter, als die Bahn eines der Millionen Sonnenstäubchen zu berechnen, die uns in unserer nächsten Nähe umgeben. Aus dieser Ursache sind wir auch in der Physik, so weit sich diese Wissenschaft nur mit den Körpern der Erde, die wir unmittelbar vor unsern Augen haben, beschäftiget, viel mehr zurück, als in der Astronomie, die es stets mit sehr entfernten Gegenständen zu thun hat. Gar Vieles lässt sich nur gut erkennen, wenn es aus einer gewissen Ferne gesehen wird, und das Detail versteckt nur zu oft die grossen Züge des Ganzen. Wenn man mehreren Personen ein grosses Frescogemälde vorlegte und sie dasselbe nur theilweise durch ein starkes Mikroskop besähen, so würde Jeder eine andere Idee davon erhalten, und der Eine würde es für ein Haus, der Zweite für einen Baum, und ein Anderer wohl gar für ein Portrait ansehen. Die Bewohner des Mondes, die fünfzigtausend Meilen von uns entfernt sind, und eben dadurch die ganze Erde im Grossen übersehen, kannten gewiss Amerika und Neuholland lange vorher, ehe von uns diese Welttheile entdeckt wurden, und dass die Erde eine Kugel ist, die sich täglich um sich selbst dreht, werden sie lange vorher, ehe Kopernicus es finden konnte, schon auf den ersten Blick gesehen haben.

Allein diess ist nicht die einzige Ursache, durch welche uns die Auflösung jenes grossen Problems möglich geworden ist. Es gibt vielmehr noch mehrere besondere Eigenthümlichkeiten unseres Sonnensystems, die uns jene Auflösung ungemein erleichtern, und es scheint beinahe, als hätte die gegen uns auch sonst so gütige Natur diese Einrichtungen absichtlich getroffen, um den schwachen Kräften der Menschen nachzuhelfen, und den Besseren von ihnen die Freude zu machen, wenigstens einige dieser Geheimnisse zu enthüllen.

§. 61. (II. Grosse Masse der Sonne gegen die der Planeten.) Alle die Ungleichheiten der Bewegung, welche durch die Anziehung der Planeten unter sich entstehen, sind doch immer nur sehr klein gegen die eigentlich elliptische Bewegung derselben, welche letzte bloss von der Anziehung der Sonne kommt, und von welcher jene ersten nur gleichsam als geringe Unregelmässigkeiten zu betrachten sind, die man daher auch die Störungen oder die Perturbationen der elliptischen Bewegung zu nennen pflegt. Wir haben oben (§. 33) gesehen, dass alle himmlischen Körper sich im geraden Verhältnisse ihrer Masse, und im verkehrten des Quadrates ihrer Entfernung anziehen. Wenn nun z. B. Jupiter zu einer Zeit von der Sonne eben so weit als von Saturn entfernt ist, so würde er, wenn die Masse Saturns eben so gross wäre, als die der Sonne, von diesen beiden Körpern gleich stark angezogen werden, und die Folge davon würde eine sehr grosse Störung, eine totale Umände-

rung seiner Bewegung und seiner Bahn selbst sein. Allein die Masse Saturns ist noch nicht einmal der dreitausendste Theil von jener der Sonne, und in eben diesem Verhältnisse steht also auch die Anziehung, welche er und die Sonne auf Jupiter ausüben, wenn beide gleich weit von diesem Planeten entfernt sind, ja selbst die Massen aller Planeten unseres Systems zusammen genommen, betragen noch nicht den achthundertsten Theil der Sonnenmasse, und sie können daher, auch wenn sie alle in einem einzigen Punkte vereiniget wären, die Hauptwirkung, welche jede derselben von der Sonne erhält, nur unbedeutend abändern. Durch diese Einrichtung hat unser Planetenstaat eine streng monarchische Gestalt erhalten, in welcher die Kraft des Regenten über die eines jeden, auch des mächtigsten Unterthanen weit vorherrscht, und in welcher jede Unordnung, jeder kleine Ungehorsam sofort wieder unter die Herrschaft des grossen Gesetzes zurückgebracht wird, das unmittelbar von dem Monarchen selbst ausgeht, der die legislative und exekutive Gewalt in sich vereinigt, und mit Fug und Recht, weil er an Masse, die dort die Stelle der Geisteskraft vertritt, die Kraft aller seiner Unterthanen über achthundertmal übertrifft. Diese Einrichtung unseres Planetensystems scheint ein charakteristisches Kennzeichen, nicht bloss im Ganzen, sondern auch in den einzelnen Theilen desselben zu sein. In der That ist die Ungleichheit der Stände in diesem himmlischen Staate so auffallend, dass wir hier unten, so bunt es auch zuweilen zugehen mag, kaum etwas Aehnliches aufzuweisen haben, und doch bemerkt man in demselben seit Jahrtausenden keine bedeutende Unordnung, indem auch die mächtigsten Unterthanen denselben Gehorsam gegen ihren gemeinschaftlichen Herrscher äussern, den sie mit derselben Strenge von ihren Untergebenen fordern, und mit demselben Rechte, kann man hinzusetzen, da auch sie wieder an innerer Kraft ihre Unterthanen oft eben so weit übertreffen, als sie selbst alle zusammen von dem Autokraten des ganzen grossen Reiches übertroffen werden. Unsere Erde bildet mit ihrem Monde einen solchen kleinen Staat im Staate, sie führt ihn auf ihrer weiten Reise um die Sonne als ihren Diener in schweigendem Gehorsam mit sich, aber ihre Masse übertrifft auch die ihres Begleiters nahe achtzig Mal. Jupiter wird auf seiner noch viel grösseren Bahn von vier solchen Dienern begleitet, die aber alle zusammen noch nicht den zehntausendsten Theil der Masse ihres Herrn besitzen. Auf eine ähnliche Weise verhalten sich Uranus und Saturn zu ihren Satelliten, obschon wieder mehrere derselben selbst manchen Hauptplaneten, wie z. B. Merkur, an Masse übertreffen. Auf diese Weise werden also jene Monde gezwungen, die Oberherrschaft ihrer Hauptplaneten, und diese wieder die alles überwiegende Macht der Sonne anzuerkennen.

§. 62. (III. Kleine Excentricitäten und Neigungen der Planetenbahnen.) Aber dieser günstige Umstand würde doch noch nicht hinreichen, die hieher gehörenden Rechnungen ausführbar zu machen, wenn sich nicht noch andere Verhältnisse zu demselben Zwecke vereinigten. Wenn z. B. alle Planetenbahnen vollkommene Kreise wären, so würde weder die Grosse Axe, noch die Excentricität derselben irgend eine Störung erleiden. Wenn aber, wie diess in der That der Fall ist, diese Bahnen Ellipsen sind, so sieht man leicht, dass die Störungen der Planeten, welche in solchen Bahnen einhergehen, im Allgemeinen desto grösser sein werden, je mehr

diese Ellipsen von Kreisen abweichen, oder je grösser ihre Excentricitäten sind. Wenn z. B. die Bahn Jupiters, des grössten aller Planeten, eine Excentricität gleich der Hälfte ihrer Grossen Halbaxe hätte, so würden dadurch nicht nur diese Bahn selbst, sondern auch die ihr nahe liegenden der andern Planeten sehr grosse Störungen erleiden, die am Ende eine Umänderung unseres ganzen Sonnensystems hervorbringen könnten. Allein die Jupitersbahn ist weit entfernt, eine für das Ganze so verderbliche Gestalt zu haben, da ihre Excentricität noch nicht der fünfhundertste Theil ihrer Halbaxe ist. Selbst die Merkursbahn, die unter den Bahnen der älteren Planeten am meisten abgeplattet ist, hat eine Excentricität, die nur den fünften Theil ihrer Halbaxe beträgt, und nahe dasselbe bemerkt man auch bei den Asteroiden. Diese Planeten sind überdiess alle sehr klein, und Merkur ist noch der Sonne so nahe, dass sich von ihm keine bedeutenden Störungen befürchten lassen.

Eben so ist es mit den Neigungen der Bahnen gegen die Ekliptik. Wenn alle diese Bahnen genau in der Ekliptik lägen, so würden sie unter sich selbst die Lagen dieser Bahnen offenbar gar nicht, also auch im Gegentheile desto mehr verrücken, unter je grösseren Winkeln sie gegen einander geneigt wären. Allein auch dieser Fall hat in unserem Planetensysteme nicht statt, wo alle älteren Planetenbahnen höchstens einen Winkel von drei Graden unter einander bilden, wieder Merkur und die kleinen Planeten ausgenommen, von welchen der erste eine Neigung von sieben, und Pallas sogar eine von fünfunddreissig Graden hat, die aber dessen ungeachtet, aus der bereits angegebenen Ursache, keinen bedeutenden Einfluss auf die übrigen Planeten äussern können.

§. 63. (IV. Grosse Entfernungen der Planeten unter einander.) Endlich sind auch die Räume, welche die grösseren Planeten von einander trennen, so ungemein gross gegen diese Körper selbst, dass die Anziehung, welche sie gegen einander ausüben, schon aus diesem Grunde allein nicht anders als sehr gering sein kann.

Die so weit präponderirende Masse der Sonne, die kleinen Excentricitäten und Neigungen der Planetenbahnen, und die grossen Distanzen, in welchen diese Körper sich bewegen, alle diese Umstände sind also eben so viele Ursachen, warum die Störungen, welche die Planeten von einander leiden, an sich selbst immer nur sehr gering sind, und uns überdiess, wegen der grossen Entfernungen der Planeten von uns, noch geringer erscheinen. Durch diese günstigen Verhältnisse ist es uns möglich geworden, die Auflösung jenes grossen Problems der Bestimmung dieser Störungen durch unmittelbare Berechnung zu finden, jedoch, wie man schon aus diesen Hülfsmitteln selbst sieht, nicht die strenge, allgemeine, sondern nur eine genäherte Auflösung des Problems, aber doch auch wieder so weit genähert, als es nur immer von dem gegenwärtigen Zustande der Analysis und der Beobachtungskunst selbst gefordert werden kann. Da es nämlich, auch selbst unter diesen günstigen Verhältnissen, noch immer unmöglich wäre, die wahren Werthe dieser Störungen in sogenannten geschlossenen analytischen Ausdrücken anzugeben, so hat man dieselben, was viel leichter ist und in allen Fällen angeht, in unendliche Reihen entwickelt, welche nach den natürlichen Potenzen der störenden Massen, der Excentricitäten und Neigungen fortschreiten. Da aber diese drei Grössen, wie so eben gezeigt worden ist, sehr klein sind, so werden auch die Glieder dieser Reihen

immer kleiner, je weiter man in ihnen fortgeht, und man kann sich in den meisten Fällen, ohne einen merkbaren Fehler, mit dem ersten, oder doch mit den beiden ersten dieser Glieder begnügen.

Bemerken wir noch den hier sehr wesentlichen Umstand, dass die Planeten alle sehr nahe die Gestalt einer Kugel haben, und das Newton'sche Gesetz die ihm ausschliessend zukommende Eigenschaft hat, dass jede Kugel alle ausser ihr befindlichen Körper genau so anzieht, als ob die ganze Masse dieser Kugel in ihrem Mittelpunkte vereiniget wäre. Dadurch wird die Berechnung der gegenseitigen Störungen der Planeten auf die von einzelnen Punkten zurückgeführt, da man sonst auch auf die Gestalt derselben Rücksicht nehmen müsste, wodurch die Auflösung unseres Problems, selbst unter allen den oben erwähnten Erleichterungen, für unsere Kräfte neuerdings völlig unmöglich wäre.

§. 64. (V. Abgesonderte Betrachtung dieser Störungen.) Ja auch unter dieser Gestalt noch würde die Betrachtung der Störungen, die jeder Planet von allen übrigen erleidet, sehr schwer, und selbst für den geübtesten und geduldigsten Rechner beinahe unausführbar sein, wenn man in der That alle diese Störungen auf einmal bestimmen sollte. Um z. B. die Perturbationen, welche die Erde von den übrigen Planeten in jedem Augenblicke erleidet, zu bestimmen, sollte man, wenn man nach aller Strenge verfahren wollte, zuerst die Störungen kennen, welche jeder dieser die Erde störenden Planeten wieder von allen übrigen, die Erde selbst mit eingeschlossen, in diesem Augenblicke erfährt. Allein da, wie gesagt, diese Störungen alle nur gering sind, so kann man sich erlauben, nur diejenigen Perturbationen zu bestimmen, welche jeder einzelne Planet von jedem anderen einzelnen Planeten unseres Sonnensystems unter der Voraussetzung erleidet, dass dieser andere Planet selbst nicht weiter in seiner Bahn gestört werde, sondern bloss in seiner reinen elliptischen Bewegung um die Sonne gehe. Auf diese Weise ist unser Problem eigentlich dahin gebracht, dass man nur immer drei Körper auf einmal betrachtet, nämlich die Sonne, den störenden, und den von ihm gestörten Planeten, und so ist das berühmte Problem der drei Körper entstanden, das grösste und schwerste, das vielleicht je der menschliche Geist sich aufgegeben hat, und dessen bloss genäherte Auflösung seit Newton, der es zuerst aufgestellt, und wenigstens in seinen vorzüglichsten Theilen gelöst hat, von den vorzüglichsten Geometern und Astronomen: D'Alembert, Euler, Laplace, Lagrange u. a. versucht, und erst in unsern Tagen zu einem Grade der Vollkommenheit ausgebildet wurde, die wohl nur wenig mehr zu wünschen übrig lässt.

Nachdem wir so die Störungen, welche die Planeten von ihrer gegenseitigen Anziehung erleiden, im Allgemeinen betrachtet haben, wollen wir nun die merkwürdigsten derselben etwas näher untersuchen.

Kapitel VI.

Periodische Störungen.

§. 65. (Zwei Klassen dieser Störungen.) Die Anziehung, welche die Planeten unter einander erleiden, wird sich zunächst in den Orten dieser Körper selbst äussern, indem sich dadurch die Längen und Breiten so wie die Entfernungen derselben von der Sonne, also auch von der Erde ändern. Diese Störungen werden aber offenbar nur von den Orten der beiden Planeten in ihren Bahnen, oder von ihren gegenseitigen Stellungen abhängen, und da diese Stellungen nach einigen Umläufen beider Planeten immer wieder dieselben sein müssen, so werden auch die davon abhängigen Störungen in bestimmten Perioden wiederkehren, aus welcher Ursache man sie auch die periodischen Störungen genannt hat.

Allein man sieht leicht, dass diese, bloss von ihren gegenseitigen Stellungen abhängenden Aenderungen der Planeten in ihren Bahnen endlich auch auf diese Bahnen selbst einen Einfluss äussern, und dass dadurch die Gestalt, die Lage, und vielleicht selbst die Grösse jener Bahnen Aenderungen erleiden werden. Die Aenderung der Jupitersbahn z. B. in jeder gegebenen Zeit, wird aber nicht mehr, wie zuvor von der Stellung des diesem Planeten zunächst stehenden Mars oder Saturn in derselben Zeit, sondern sie wird vielmehr von dem Complex aller Stellungen der auf Jupiter wirkenden Planeten seit mehreren Jahrhunderten, d. h. sie wird von der Lage aller übrigen Planetenbahnen gegen die Jupitersbahn abhängen. Diese Lagen sind nun, wie wir bald näher sehen werden, ebenfalls veränderlich, und selbst in gewissen, obgleich sehr langen Zeiträumen, wiederkehrend, daher also diese Störungen, die sich nicht auf den gestörten Planeten selbst, sondern nur auf die Elemente seiner Bahn beziehen, zwar auch im Allgemeinen in Perioden, aber in sehr lange, mehrere Jahrtausende umfassende Perioden eingeschlossen sein werden, und aus dieser Ursache, zum Unterschiede mit den zuerst betrachteten, hat man sie seculäre Störungen genannt.

Beide Gattungen von Perturbationen haben die Astronomen durch Rechnungen, von welchen wir hier keine nähere Anzeige geben können, entwickelt, und dadurch den Planetentafeln eine Genauigkeit gegeben, die bis auf wenige Sekunden mit den Beobachtungen übereinstimmt, während man früher, wo man diese Störungen noch nicht kannte, oft Unterschiede von vielen Minuten zwischen der Theorie und der Beobachtung gefunden hatte. Auf diese Weise ist es ihnen gelungen, die verwickelten Erscheinungen des Himmels mit einer überraschenden Präcision darzustellen und alle ohne Ausnahme aus dem einzigen und einfachen Gesetze der allgemeinen Schwere abzuleiten. Denn weit entfernt, diese Störungen, wie ihre Benennung zu sagen scheint, als Ausnahmen von der allgemeinen Regel oder als wahre Unordnungen des Sonnensystems zu betrachten, ist vielmehr jede derselben nur eine neue Bestätigung jenes grossen Gesetzes geworden, dem alle Körper des Himmels,

selbst in ihren scheinbaren Abweichungen von demselben, in stiller Unterwerfung gehorchen.

§. 66. (Periodische Störungen des Mondes.) Wir wollen nun zuerst die periodischen Störungen der Planeten, und unter ihnen besonders die des Mondes betrachten, weil diese uns zunächst angehen und sich durch ihre Grösse vor allen andern auszeichnen, daher auch mehrere selbst von den alten Griechen schon bemerkt worden sind, obschon es ihnen unmöglich war, die Ursache derselben anzugeben.

Die elliptische Bahn der Erde, und der Ort der Erde selbst in dieser Bahn wird von den sie zunächst umgebenden Planeten nur sehr wenig gestört. Im ungünstigsten Falle kann dieser Ort der Erde in seiner Bahn nur um 40 Sekunden, und ihre Entfernung von der Sonne kaum um den zehntausendsten Theil ihrer mittleren Distanz von derselben verrückt werden. Die Ursache davon liegt, wie bereits im vorhergehenden Kapitel bemerkt wurde, vorzüglich in den geringen Massen der störenden Planeten und in den grossen Entfernungen, um welche sie von der Erde abstehen. Eben so gering, ja in Bezug auf die Erde noch viel geringer sind also auch die Störungen, welche der Mond von denselben Planeten erleidet, von welchen er, als der beständige nahe Begleiter der Erde, im Mittel immer nahe eben so weit entfernt ist, als sie selbst. Aber mit der Sonne verhält es sich ganz anders. Der Mond bewegt sich nämlich in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde ist; er bewegt sich also eigentlich um die Erde, und wenn ausser dieser Erde kein anderer Himmelskörper mehr gross genug oder auch nahe genug wäre, um durch seinen Einfluss diese Bewegung des Mondes zu verändern, so würde auch der Mond ungestört in seiner elliptischen Bahn um die Erde gehen. Die Sonne ist nun zwar nahe 400mal weiter, als der Mond, von der Erde entfernt, aber ihre Masse ist dafür auch (§. 38) gegen 360000mal grösser, als die der Erde, und diese ungeheure Präpotenz ist die Ursache, dass die Wirkung der Sonne auf die Bewegung des Mondes, ihrer grossen Entfernung ungeachtet, noch so bedeutend ist, dass sie den Ort des Mondes in seiner Bahn um die Erde um mehr als zwei Grade verrücken kann. Eigentlich ist es nicht die Erde, sondern der gemeinschaftliche Schwerpunkt der Erde und des Mondes, der in der Zeit eines Jahres seine elliptische Bahn um die Sonne zurücklegt. Wenn man zwei in ihrer Grösse sehr ungleiche Kugeln durch einen Stab verbindet, an dem gemeinschaftlichen Schwerpunkt derselben ein Band befestiget, und das ganze gleich einer Schleuder um die Hand bewegt, so hat man ein Bild von dieser Bewegung des Mondes um die Erde, und mit dieser zugleich um die Sonne, nur mit dem Unterschiede, dass hier die beiden Kugeln, die Erde und der Mond, an Grösse so sehr verschieden sind, dass der Schwerpunkt des ganzen Systems sehr nahe zu dem Mittelpunkte, und noch in den Körper der Erde selbst fällt. Die Sonne ist, wie gesagt, vierhundertmal weiter von der Erde entfernt, als der Mond in seiner mittleren Distanz von der Erde absteht. Also ist auch die Distanz der Sonne von dem Monde zuweilen um $^1/_{400}$ kleiner, und zuweilen wieder eben so viel grösser, als die Distanz der Sonne von der Erde. So wenig diess scheint, so hat es doch, wie wir sehen werden, einen sehr grossen Einfluss auf die Bewegung des Mondes. Dazu kommt noch, dass die Richtung der Bewegung des Mondes bald zur Sonne hin, bald von

ihr weg gewendet ist, wodurch die Geschwindigkeit dieses Satelliten bald vergrössert, bald wieder vermindert wird, so dass also, durch diese Störungen der Sonne, die Entfernung des Mondes sowohl, als auch die Grösse der Richtung seiner Bewegung oft beträchtlich verändert werden kann.

§. 67. (Evektion.) Unter diesen Störungen des Mondes durch die Sonne sind besonders diejenigen merkwürdig, welche dieser Satellit in seiner Länge erleidet. Da die Excentricität seiner Bahn so beträchtlich ist, so kann schon die Gleichung der Bahn (*I.* §. 138) auf mehr als sechs Grade gehen, wodurch bereits die rein elliptische Bewegung des Mondes um die Erde, selbst ohne Zuthun der Sonne, sehr ungleichförmig wird. Allein durch die Wirkung der Sonne werden noch viele andere Ungleichheiten eingeführt, von welchen die grösste, unter dem Namen der Evektion bekannte, schon von Ptolemäus (130 Jahre nach Chr. G.) entdeckt wurde. Durch diese Störung ist die Länge des Mondes in den Syzygien, d. h. zur Zeit des Neu- und Vollmondes immer grösser, als sie nach der rein elliptischen Bewegung sein soll, während sie wieder zur Zeit der beiden Quadraturen um dieselbe Grösse, d. h. um nahe 1.27 Grade zu klein ist. Nennen wir der Kürze wegen A die Differenz der Länge des Mondes und der Sonne, B die mittlere Anomalie (*I.* §. 137) des Mondes, und C die mittlere Anomalie der Sonne, so lässt sich die Evektion durch das Produkt von 1.27 in den Sinus von $2A - B$ ausdrücken. In den Syzygien ist A gleich 0 oder 180^0, in den Quadraturen aber ist A gleich 90^0 oder 270^0; also ist dort die Evektion negativ und am grössten, während sie hier ihren grössten positiven Werth erreicht. Man sieht daraus zugleich, dass die Evektion eine Periode von 31.8 Tagen hat, in welcher Zeit sie alle ihre Veränderungen regelmässig durchläuft. Die alten Griechen, vor Ptolemäus, beobachteten den Mond nur zur Zeit der Finsternisse, d. h. in den Syzygien, wo der vorhergehende Ausdruck gleich 1.27^0 *Sin.* B wird, wenn B, wie zuvor, die mittlere Anomalie des Mondes bezeichnet. Allein ganz dieselbe Form hat auch die Gleichung des Mittelpunkts (*I.* Kap. 9), und diess ist die Ursache, warum jene alten Astronomen diese Gleichung um 1.27^0 zu klein, oder warum sie die Mondsbahn in ihrer Gestalt einem Kreise viel näher angenommen haben, als sie in der That ist. Ptolemäus oder vielleicht schon Hipparch (140 Jahre vor Chr. G.) dessen Arbeiten Ptolemäus benützte, beobachtete den Mond auch zur Zeit seiner Quadraturen, wo die Länge desselben, vermöge der Evektion, grösser erscheint, als sie sein soll, da sie doch in den Syzygien kleiner war. Weil er diese, wenn auch nur scheinbaren Widersprüche weder vereinigen noch erklären konnte, so nahm er die Excentricität der Mondsbahn veränderlich an, indem er voraussetzte, dass sie sich zur Zeit der Neu- und Vollmonde mehr zu einem Kreise abrunde, zur Zeit der Quadraturen aber zu einer sehr länglichen Ellipse ausdehne — eine Voraussetzung, die nicht gegründet ist, und die man auch sofort verwarf, als man die wahre Ursache der Evektion in der Störung des Mondes durch die Sonne kennen gelernt hatte.

Wir werden unten sehen, dass die grosse Axe der Mondsbahn, oder dass die Apsidenlinie dieser Bahn eine sehr schnelle Bewegung am Himmel hat, so dass sie ihren Ort während der Zeit eines Jahres um mehr als 40 Grade ändert. Wenn nun diese Apsiden zu irgend einer

Zeit mit den Quadraturen zusammenfallen, so wird dadurch, wie eine einfache Rechnung zeigt, die Centralkraft der Erde auf den Mond durch die Sonne weniger verändert, als sonst der Fall ist. Geht daher der Mond von der Erdnähe zur Erdferne, so wird er sich dabei weniger von der Erde entfernen, als er sonst gethan haben würde, d. h. seine Excentricität wird kleiner erscheinen. Geht er aber von der Erdferne zur Erdnähe über, so wird er, da er schwächer, als es die reine Ellipse fordert, von der Erde angezogen wird, in der Erdnähe sich weiter von der Erde entfernen, und die kleinste Entfernung wird gegen die mittlere grösser, d. h. seine Excentricität wird wieder kleiner erscheinen.

Wenn aber für eine andere Zeit die Apsiden mit den Syzygien zusammenfallen, so ändert sich, wie durch dieselbe Rechnung gezeigt werden kann, die Centralkraft der Erde mehr, als in allen anderen Fällen, woraus daher, durch Wiederholung derselben Schlüsse, folgt, dass dann die Excentricität der Mondsbahn grösser erscheinen muss. Als Endresultat alles Vorhergehenden werden wir also annehmen, dass die Excentricität, oder was dasselbe ist, die Gleichung des Mittelpunktes der Mondsbahn am grössten erscheint, wenn die Apsiden in die Syzygien, und am kleinsten, wenn sie in die Quadraturen fallen, und das ist es, worauf die eigentliche Erklärung der Evektion beruht.

§. 68. (Variation.) Die zweite grosse Ungleichheit der Mondslänge heisst die Variation, und wurde schon im zehnten Jahrhunderte von dem arabischen Astronomen Abul Wefa erkannt, aber wieder vergessen, bis Tycho de Brahe dieselbe zum zweiten Male entdeckte. Sie kann sich bis auf 0.65 Grade erheben, und hat diesen ihren grössten Werth in den vier Punkten, die zwischen den Syzygien und Quadraturen in der Mitte liegen, das heisst, in den vier Oktanten, während sie in den Syzygien und Quadraturen selbst verschwindet. Ihr Ausdruck ist 0.65^0 *Sin.* $2\,A$, wo wieder A gleich der Länge des Mondes weniger jener der Sonne ist. Daraus folgt zugleich, dass die Periode dieser Störung gleich 14.8 Tagen, oder gleich einem halben synodischen (*I.* §. 95) Monat ist.

Es lässt sich nämlich durch eine einfache Rechnung, die wir aber hier, unserem Zwecke gemäss, nicht näher anführen können, leicht zeigen, dass die Tangentialkraft (vergl. §. 63) des Mondes im Allgemeinen in den Syzygien am grössten, und in den Quadraturen am kleinsten ist, und dass sie daher in den Oktanten in ihrem mittleren Werthe sein muss, woraus unmittelbar folgt, dass die Geschwindigkeit des Mondes im ersten und dritten Quadranten von A durch die Wirkung der Sonne vermindert, im zweiten und vierten Quadranten aber vermehrt wird, was mit der erwähnten Erscheinung der Variation unmittelbar im Zusammenhange steht.

§. 69. (Jährliche Gleichung des Mondes.) Eine dritte beträchtliche Störung des Mondes durch die Sonne, die jährliche Gleichung, ist ebenfalls schon von Tycho angedeutet worden. Ihr Ausdruck ist 0.19^0 *Sin.* C, wenn C die mittlere Anomalie (*I.* §. 137) der Sonne bezeichnet. Dieser Ausdruck zeigt, dass dadurch die Länge des Mondes in den ersten sechs Monaten des Jahres vermindert, in den andern aber um eben so viel vermehrt wird. Zur Zeit der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, d. h. im Anfange des April und Oktober verschwindet diese Störung, deren Periode sonach gleich der Länge unseres Jahres ist.

Man kann nämlich durch einige einfache geometrische Betrachtungen leicht zeigen, dass die Centralkraft (§. 53), welche die Erde auf den Mond ausübt, dass also auch die elliptische Bewegung dieses Satelliten durch die Sonne in den Quadraturen um ihren $^1/_{182}$sten Theil vermehrt, und in den Syzygien nahe um das Doppelte, oder um ihren $^1/_{91}$sten Theil vermindert, also im Ganzen mehr verkleinert als vergrössert, d. h. überhaupt verkleinert werde. Diese im Allgemeinen konstante Verminderung der Centralkraft der Erde vertheilt sich in ihrer Wirkung über die ganze Bahn des Mondes, und ist, in ihrem vorzüglichsten Gliede, dem Cosinus des Winkels *C* proportional. Wenn aber die Centralkraft abnimmt, so nimmt auch die Geschwindigkeit des Mondes ab, und zwar um eine Grösse, die dem Sinus desselben Winkels proportional ist, woraus die Erklärung der jährlichen Gleichung des Mondes von selbst folgt.

Diess sind die drei vorzüglichsten Störungen der Längen des Mondes. Ihre beträchtliche Grösse und die kurzen Zeiträume, in welchen sie wiederkehren, sind die Ursache, warum sie schon von unseren Vorgängern, ihrer unvollkommenen Instrumente ungeachtet, gefunden wurden, obschon deren wahre Erklärung erst nach der Entdeckung des Gesetzes der allgemeinen Schwere und der Auflösung des Problems der drei Körper (§. 64) sich ergab.

§. 70. (Mondsstörungen von langen Perioden.) Allein es gibt noch eine grosse Anzahl anderer Störungen, die in der That viel kleiner sind als jene, deren Kenntniss uns aber doch unentbehrlich ist, wenn wir die Bewegung des Mondes genau darstellen, und dieselbe z. B. zur Bestimmung der geographischen Länge mit Vortheil anwenden sollen. Die Theorie dieser Störungen gab uns sehr bald die allgemeine Form dieser Gleichungen, allein die absolute Grösse derselben liess sich noch vor wenig Jahren nicht gut anders, als auf praktischem Wege bestimmen. Erst in unseren Tagen ist es den Astronomen gelungen, die Tafeln des Mondes auf eine ähnliche Weise, wie man bisher bei den Planeten gethan hat, aus den blossen Elementen (*I.* §. 139) der Mondsbahn zu entwickeln, welche letzte unmittelbar aus den Beobachtungen genommen wurden, während alles Andere der reinen Theorie anheimfiel. Auf diese Weise sind die Mondstafeln von Damoiseau entstanden. In der neuesten Zeit hat uns P. A. Hansen mit Mondstafeln beschenkt, die so genau mit dem Himmel übereinstimmen, dass wohl nur wenig mehr zu wünschen und unseren Nachfolgern hinzuzufügen übrig bleibt.

Unter diesen kleineren Störungen des Mondes von der Sonne hat Laplace, dem wir die gegenwärtige Vollkommenheit der Theorie dieses Satelliten vorzüglich verdanken, einige besonders merkwürdige gefunden, die hier eine nähere Anzeige verdienen. Die erste derselben, die in ihrem grössten Werthe nur 14 Sekunden beträgt, hat eine sehr lange Periode von nahe 184 Jahren. Nicht einmal die Existenz, viel weniger noch die Grösse und Periode einer solchen Gleichung würde man auf dem blossen Wege der Beobachtungen gefunden haben. Ihre Kenntniss war aber sehr wichtig, weil wir sonst die Wirkung einer solchen Störung mit der mittleren Bewegung des Mondes vermengt haben würden, die dadurch selbst veränderlich geworden wäre, da sie doch, ihrer Natur nach, beständig sein soll.

§. 71. (Bestimmung der Sonnenparallaxe und der Erdabplattung durch die Störungen des Mondes.) Eine andere dieser kleinen Störungen hat dasselbe Argument, wie die Variation; sie wurde nämlich gleich a *Sin.* A gefunden, und der grösste Werth derselben oder der Faktor a ist der Art, dass seine Grösse von der Sonnenparallaxe abhängt. Man fand diesen Werth von a durch eine grosse Anzahl von Mondsbeobachtungen gleich 122 Sekunden, und daraus wurde die Grösse der Sonnenparallaxe gleich 8.6 Sekunden abgeleitet, sehr nahe mit demjenigen Werthe übereinstimmend, den man aus den Durchgängen der Venus vor der Sonnenscheibe in den Jahren 1761 und 1769 gefunden hatte. Beide Angaben haben in unseren Tagen zwar Aenderungen, aber in gleichem Sinne und nahezu gleichem Betrage erfahren.

Eine ähnliche Störung der Länge, so wie auch eine der Breite des Mondes, hängt in ihrem Coefficienten von der Abplattung der Erde an ihren beiden Polen ab. Die Beobachtungen des Mondes haben den grössten Werth der ersten dieser Störungen gleich 6.8 Sekunden gegeben, woraus die Abplattung $^1/_{305}$ folgt (vergl. *I.* §. 21). Wäre diese Abplattung, wie Einige wollten, nahe noch einmal so gross, so würde auch der Coefficient jener Störung doppelt so gross, oder nahe 14 Sekunden sein, was mit den Mondsbeobachtungen im Widerspruche steht. Ganz auf dieselbe Weise gab auch die erwähnte Störung der Breite diese Abplattung der Erde gleich $^1/_{304}$. Man erhält auf diese Weise die Abplattung unserer Erde ganz unabhängig von den Unregelmässigkeiten ihrer Oberfläche und ihrer Dichtigkeit an verschiedenen Orten, was bei den Meridianvermessungen, und selbst bei den Pendelbeobachtungen, durch welche allein wir bisher die Gestalt der Erde bestimmen konnten, nicht der Fall ist.

Die Parallaxe des Mondes (*I.* Abth. Kap. 5) kann durch blosse Theorie aus der bekannten Länge des Sekundenpendels und aus den Gradmessungen abgeleitet werden, also kann man auch umgekehrt aus der Länge des Pendels und aus der bekannten Parallaxe des Mondes den Halbmesser der Erde bestimmen. Die Parallaxe kann man aber durch blosse Beobachtungen des Mondes in verschiedenen Höhen über seinem Horizonte finden, ohne dass es nöthig ist, den Beobachtungsort zu verändern, oder weit entfernte Gegenden der Erde zu diesem Zwecke aufzusuchen.

So ist also der Astronom in den Stand gesetzt, bloss durch die Vergleichung der Theorie mit den Beobachtungen von seiner Sternwarte aus nicht nur die Grösse, sondern auch die Gestalt, und sogar die Entfernung der Erde von dem Monde, so wie auch die Entfernung derselben von der Sonne zu bestimmen, ohne mühsame geodätische Messungen auszuführen, ohne kostbare Reisen in fremde Welttheile zu unternehmen, und ohne endlich alte, Jahrtausende von uns entfernte Beobachtungen zu Hülfe zu rufen.

Alles Vorhergehende zeigt, wie innig die Erscheinungen des Himmels unter einander und mit dem allgemeinen Gesetze der Schwere zusammenhängen, und zugleich, dass der Mond mit seinen zahllosen und so mannigfaltig in sich verwickelten Störungen vorzüglich geeignet ist, uns diesen wunderbaren Zusammenhang und zugleich die grosse Macht der mathematischen Analyse zu beweisen, dieses wahrhaft vortrefflichen Instrumentes, ohne dessen Hülfe es dem menschlichen Geiste unmöglich

gewesen wäre, in jene Tiefen einzudringen, und eben dort, wo auf den ersten Blick nur Unordnung und Verwirrung zu herrschen scheint, die schönste Harmonie zu entdecken.

§. 72. (Periodische und specielle Störungen der Planeten.) Indem wir nun von den periodischen Störungen des Mondes zu denen der Planeten übergehen, bemerken wir zuerst, dass diese Störungen bloss von den Stellungen der beiden Planeten, d. h. von den Differenzen ihrer Längen und ihren Entfernungen von einander abhängen. Diese Entfernungen aber werden nicht bloss von der Lage dieser Planeten selbst im Raume, sondern auch von ihrer Lage gegen die grossen Axen ihrer elliptischen Bahnen bestimmt. Will man also z. B. die Störung des Mars, die er durch Jupiter erfährt, bestimmen, und bezeichnet man durch ♂ die Länge des ersten, durch ♃ die des zweiten Planeten, und durch π die Länge des Periheliums des gestörten Himmelskörpers, so wird die gesuchte Störung von den Grössen ♂, ♃ und π abhängen. Da diese Störungen, wie bereits oben gesagt wurde, in bestimmten Zeiträumen periodisch wiederkehren, so werden ihre analytischen Ausdrücke die Sinus oder Cosinus dieser drei Winkel enthalten, indem diese trigonometrischen Funktionen, wie bekannt, für die Peripherie des Kreises ebenfalls periodisch wiederkehren. Die Theorie zeigt, dass diese Störungen, so weit sie die Länge der Planeten betreffen, alle durch den Sinus, und dass eben so die Störungen des Abstandes der Planeten von der Sonne durch den Cosinus des Winkels (m♂ — n♃ — π) vorgestellt werden können, wo m und n nach der Ordnung die Zahlen 1, 2, 3 . . bezeichnen.

Die Astronomen haben diese Störungen für alle sieben älteren Planeten auf das Genaueste berechnet. Man findet sie in dem dritten Theile der *Mécanique céleste* von Laplace. Auf diese Rechnungen sind dann die Tafeln gegründet worden, durch welche die Bestimmung des Ortes jedes Planeten für jede gegebene Zeit zugleich ungemein erleichtert und gesichert wird. Die besten Planetentafeln, deren wir uns jetzt bedienen, sind die der Sonne, oder vielmehr der Erde von Le Verrier und von Hansen und Olufsen, — des Merkur, der Venus und des Mars von Le Verrier, des Jupiter, Saturn und Uranus von Bouvard, des Neptun von Kowalski; für die kleinen Planeten hatte man bis vor Kurzem gar keine solche Tafeln entworfen, weil ihre grossen Excentricitäten und Neigungen der genauen Bestimmung zu viele Hindernisse entgegen stellten. Hansen hat uns auch diese Schwierigkeiten überwinden gelehrt, und schon besitzen wir für Flora, Egeria u. a. Asteroiden vollständige Tafeln. In der Regel aber wird bei diesen Himmelskörpern der folgende Weg eingeschlagen. Man sucht zuerst für eine bestimmte Zeit diejenige Ellipse, welche die wahre Bahn des Planeten berührt, und die letzterer durchliefe, wenn von da an die Wirkungen der übrigen Planeten aufhörten. Nun bestimmt man die Aenderung dieser Bahn oder den Betrag der speciellen Störungen von dieser Zeit bis zu irgend einer anderen Epoche, und erhält so für diese wieder die berührende oder osculirende Ellipse.

§. 73. (Merkwürdige Störung zwischen Jupiter und Saturn.) Unter diesen periodischen Störungen der Planeten sind vorzüglich zwei, die zwischen den beiden grössten Planeten unseres Sonnensystems statthaben, merkwürdig geworden. Schon Halley, Newton's Zeitgenosse, hatte bemerkt, dass die Umlaufszeit Saturns zur Zeit des Hipparch (140 Jahre

vor Chr.) grösser, und die des Jupiter im Gegentheile kleiner war, als zu Newton's Zeit, oder dass die mittlere Bewegung des Saturn seitdem langsamer, und die des Jupiter geschwinder geworden sei. Diese Entdeckung war um so auffallender, da man bei allen anderen Planeten diese Umlaufszeiten aus den älteren und neueren Beobachtungen durchaus konstant oder unveränderlich gefunden hatte (*I.* §. 122), und da man bald darauf auch durch die Theorie belehrt wurde, dass dieses Element der Planetenbahnen in der That immer konstant bleiben müsse.

Euler war der Erste, der diese sonderbare Entdeckung der Analyse zu unterwerfen suchte. Er fand auch in der That eine solche Verzögerung des einen, und eine Beschleunigung des andern jener beiden Planeten; aber da er durch seine Theorie beide von gleicher Grösse gefunden hatte, was mit den Beobachtungen nicht übereinstimmte, so konnte seine Erklärung dieser Erscheinung, so sinnreich sie auch war, nicht angenommen werden. Auch Lagrange beschäftigte sich später mit diesem ebenso schwierigen als interessanten Gegenstande, aber ebenfalls ohne Erfolg. Diese und mehrere andere ausgezeichnete Geometer suchten den Grund jener Ungleichheit bald in dem Widerstande des Aethers, in welchem sich die Planeten bewegen sollen, bald in den Störungen, welche die Kometen auf dieselben äussern, bald in der Zeit, welche die Kraft der Schwere brauchen soll, von der Sonne bis zu diesen entfernten Planeten zu gelangen u. dgl. Diese Muthmassungen gaben allerdings zu andern, nicht minder wichtigen Entdeckungen Veranlassung, aber sie liessen doch den Gegenstand, den man eigentlich suchte, im Dunkel.

In den letzten Decennien des verflossenen Jahrhunderts verglich Lambert diejenigen Beobachtungen Saturns und Jupiters, die Tycho angestellt hatte, mit seinen eigenen, und fand, zur noch grösseren Ueberraschung der Astronomen, dass, ganz im Widerspruche mit Halley's Entdeckung, die mittlere Bewegung Saturns seit jener Zeit bis auf seine Tage sich beschleunigt, und die des Jupiter im Gegentheile sich verzögert habe. Diess machte Viele an der Existenz dieser beiden Ungleichheiten zweifeln, indem sie die, wie sie meinten, nur scheinbare Veränderung dieser beiden Bewegungen der Unvollkommenheit der älteren Beobachtungen zuschrieben. Allein Laplace, der sich durch diese grundlosen Vermuthungen nicht beirren liess, glaubte vielmehr eben in diesem äusseren Widerspruche das Dasein einer Störung von sehr langer Periode zu erkennen, durch welche die Bewegungen dieser beiden Planeten mehrere Jahrhunderte durch abwechselnd bald beschleunigt, bald wieder verzögert werden könnten. Um diese Ungleichheit aufzusuchen, musste er die Gesammtstörung dieser beiden Planeten, die man bisher, wie bereits oben (§. 63) gesagt wurde, nur in den ersten, und sonach grössten Gliedern ihrer unendlichen Reihen entwickelt hatte, noch auf mehrere der folgenden Glieder fortführen und zusehen, ob sich unter diesen letzten eine Störung von sehr langer Periode finde, die den beobachteten Ungleichheiten jener beiden Planeten entspricht.

Bei dieser mühevollen Untersuchung kam ihm eine andere wichtige Entdeckung zu statten, die man schon früher gemacht hatte. — Es ist bereits oben gesagt worden, dass die periodischen Störungen dieser beiden Planeten durch die Sinus und Cosinus der Winkel ($m♃ — n♄ — \pi$) ausgedrückt werden, wo ♄ und ♃ von den mittleren Längen, oder was

hier dasselbe ist, von den Umlaufszeiten der beiden Planeten abhängen, und wo die Grössen m und n die ganzen Zahlen 1, 2, 3 . . . bezeichnen. Gewöhnlich braucht man nur diejenigen Glieder zu untersuchen, wo m sowohl als n entweder gleich 1 oder gleich 2 ist, da die folgenden, wo m oder n gleich 3, 4, 5 ist, schon so kleine Werthe haben, dass man sie ohne merklichen Fehler ganz übergehen kann.

Nun ist es eine unmittelbar aus der äusseren, analytischen Form dieser Störungsglieder hervorgehende Eigenschaft derselben, dass sie, so gering sie auch an sich selbst sein mögen, in allen den Fällen einen bedeutenden Werth erhalten, wo die Umlaufszeiten, oder was dasselbe ist, wo die mittleren täglichen Bewegungen der beiden Planeten sich sehr nahe wie die zwei ganzen Zahlen verhalten, die man eben für m und n setzen soll. Wenn z. B. die mittleren Bewegungen zweier Planeten sich nahe wie 5 zu 7 verhalten, so kann es sehr leicht geschehen, dass die ersten Glieder der erwähnten Reihen, in welchen m und n gleich 1, 2, 3 . . gesetzt werden, sämmtlich nur unbeträchtlich sind, während doch das erst später folgende Glied, in welchem $m = 5$ und $n = 7$, oder umgekehrt ist, einen sehr grossen Werth erhalten kann. Ein solcher Fall trat auch in der That bei jenen beiden Planeten ein. Die siderische Umlaufszeit Jupiters beträgt 4332.6, und die des Saturn 10759.2 Tage (*I.* §. 146), und diese beiden Zeiten verhalten sich sehr nahe wie die beiden ganzen Zahlen 2 und 5, woraus daher folgt, dass man bei der Entwicklung der gegenseitigen Störungen dieser zwei Himmelskörper vorzüglich auf diejenigen Glieder Rücksicht nehmen muss, in welchen $m = 2$ und $n = 5$, und umgekehrt gesetzt wird. Indem Laplace diese Untersuchung vornahm, sah er auch seine frühere Vermuthung vollkommen bestätigt. Er fand nämlich unter den Störungen, die Saturn von Jupiter leidet, ein Glied, das bis auf 2950 Sekunden steigen konnte, und unter den Störungen Jupiters ein anderes, jenem entsprechendes, dessen grösster Werth 1200 Sekunden betrug. Die Periode dieser Störungen aber ist für beide nahe gleich 930 Jahren, und beide sind zugleich so beschaffen, dass die eine derselben immer eine Beschleunigung andeutet, wenn die andere eine Verzögerung enthält. Alles diess stimmte aber mit den bisher gesammelten Beobachtungen jener Planeten aus den alten nicht minder, als aus den mittlern und neuen Zeiten so wohl zusammen, dass an der Richtigkeit dieser Erklärung einer früher so räthselhaften Erscheinung nicht weiter gezweifelt werden konnte.

Im Jahre 1560 haben diese beiden Störungen ihren grössten Werth erreicht, und zu dieser Epoche war die Bewegung Saturns am langsamsten, die des Jupiter aber am schnellsten. Seitdem näherten sich diese beiden Bewegungen ihren mittleren Werthen immer mehr, bis sie im Jahre 1790 denselben ganz gleich kamen, und im Jahre 2020 werden diese Störungen wieder ihre grössten Werthe erreichen. Man sieht nun, wie Halley und Lambert so ganz verschiedene Resultate finden konnten, wenn sie Beobachtungen von solchen Epochen mit einander verglichen, wo diese beiden Planeten in Beziehung auf ihre mittleren Bewegungen in ganz andern Verhältnissen sich befanden. Wenn das Wiederaufleben der Wissenschaften in Europa etwa 500 Jahre später eingetreten wäre, so würden die Beobachtungen die entgegengesetzten Erscheinungen von denen angezeigt haben, die Halley gefunden hat. Die

astronomischen Tafeln der Indier, denen dieses Volk ein so hohes Alterthum beilegt, zeigen deutlich, dass sie zu einer Zeit entworfen sind, wo die Bewegung Saturns die langsamste, und die Jupiters die schnellste war, und es lässt sich daher eben daraus mit einiger Sicherheit die Zeit der Entstehung dieser Tafeln ableiten. Vereinigt man damit die Excentricitäten, welche diese Tafeln mehreren Planetenbahnen beilegen, so wird es, wie Laplace gezeigt hat, sehr wahrscheinlich, dass diese Tafeln, weit entfernt, viertausend Jahre vor dem Anfange unserer Zeitrechnung entstanden zu sein, wie die Indier vorgeben, erst gegen den Anfang des sechszehnten Jahrhunderts nach Chr. G. nach dem Muster der europäischen Tafeln zusammengetragen wurden.

Kapitel VII.

Säculäre Störungen.

§. 74. (Säculäre Störungen des Mondes; Bewegung der Knotenlinie.) Es ist bereits im Anfange des vorhergehenden Kapitels bemerkt worden, dass man unter den säculären Störungen der Planeten diejenigen versteht, welche nicht sowohl diese Planeten selbst, als vielmehr die Bahnen derselben durch die Einwirkung der andern Planeten erleiden.

Um auch hier wieder die säculären Störungen des Mondes zuerst zu betrachten, so ist für sich klar, dass dieser Satellit, der sich in einer nahe fünf Grade gegen die Ekliptik geneigten Ebene bewegt, durch die Attraktion der Sonne, die in der Ekliptik liegt, dieser Ekliptik selbst genähert werden muss. Diese Annäherung des Mondes zur Ekliptik hat offenbar immer statt, der Mond mag sich auf der nördlichen oder auf der südlichen Seite der Ekliptik befinden, und die Folge derselben muss sein, dass der Mond die Ekliptik immer eher erreicht, als er ohne diese Attraktion der Sonne gethan hätte. Das heisst aber mit andern Worten: die Knoten der Mondsbahn (*I.* §. 97) rücken dem Monde entgegen, und da der Mond von West gen Ost um die Erde geht, so werden die Knoten seiner Bahn von Ost gen West, oder rückwärts gehen. Nach den Beobachtungen beträgt die retrograde Bewegung der Mondesknoten in Beziehung auf die Fixsterne jährlich 19.34 Grade (*I.* §. 167). Diese Bewegung der Knoten ist übrigens nicht immer dieselbe, sondern hängt von der Entfernung der Sonne und der Erde von dem Monde ab. Man findet, dass sie zur Zeit der Syzygien am grössten, und während der Quadraturen am kleinsten ist. Im Mittel beträgt die Umlaufszeit der Knoten der Mondesbahn in Beziehung auf die Gestirne oder die siderische Revolution (*I.* §. 97) derselben 6793 Tage, und die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf seine Knoten, d. h. die Zeit, die zwischen zwei nächsten Durchgängen des Mondes durch einen seiner Knoten verfliesst, ist 27.212 Tage, welche Zwischenzeit man den Drachenmonat zu nennen pflegt.

§. 75. (Bewegung der Apsiden der Mondesbahn.) Da die Attraktion der Sonne die Entfernung des Mondes von der Erde bald vermehrt und bald wieder vermindert, so folgt daraus auch eine Aenderung der Lage der grossen Axe der Mondesbahn. Man sieht im Allgemeinen, dass diese Axe der Sonne folgen, also von West nach Ost fortrücken wird. Die Beobachtungen zeigen, dass diese Fortrückung der Apsiden der Mondesbahn in Beziehung auf die Fixsterne, jährlich 40.68 Grade beträgt. Daraus folgt die siderische Umlaufszeit der Apsiden des Mondes gleich 3233 Tagen, und die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf die Apsiden gleich 27.555 Tagen, welche letzte Zeit man die anomalistische Revolution des Mondes zu nennen pflegt. Auch diese Bewegung ist übrigens mehreren Ungleichheiten unterworfen, die ebenfalls von dem Stande der Sonne gegen die Erde und gegen den Mond abhängen.

§. 76. (Geschichte dieser Entdeckung.) Die Bewegung der Apsiden des Mondes hat die Geometer des verflossenen Jahrhunderts lange beschäftigt. Schon Newton hat sie aus dem Gesetze der allgemeinen Schwere abzuleiten gesucht, aber durch seine Rechnungen nur nahe halb so gross gefunden, als sie durch die Beobachtungen angezeigt wird. Später fand Clairaut durch eine viel sorgfältigere Analyse nahe dasselbe, und die ihm folgenden Untersuchungen Euler's und D'Alembert's schienen dieses Resultat zu bestätigen. Diess war also gleichsam der erste Fall, wo die Theorie mit der Beobachtung nicht übereinstimmte, oder wo das Newton'sche Gesetz der allgemeinen Schwere nicht hinreichend gefunden wurde, um daraus alle Erscheinungen des Himmels zu erklären. Auch liess sich Clairaut, seines seltenen Scharfsinnes ungeachtet, durch diese Nichtübereinstimmung verführen, ein anderes, complicirteres Gesetz der Natur anstatt jenes einfachen, das Newton aufgestellt hatte, auf die Bahn zu bringen. Er fand zwar dabei Widerspruch von einem Manne, dessen Ansehen in dem Felde der Naturgeschichte zu jener Zeit für eine sehr grosse Autorität galt. Buffon wollte das von Clairaut vorgeschlagene Gesetz durchaus nicht annehmen, aber bloss aus dem Grunde, weil das von Newton aufgestellte das einfachere wäre, und weil, nach seiner Ansicht, die Natur zur Erreichung ihrer Zwecke immer die einfachsten Mittel wählen müsse. Allein dieser teleologische oder metaphysische Grund wollte Clairaut nicht einleuchten, der ihm dafür die Resultate seiner Analysis entgegensetzte, die jener nicht widerlegen konnte, weil er sie nicht verstand. Doch hatte diessmal der Metaphysiker, dem Geometer gegenüber, Recht. Clairaut bemerkte nämlich später, dass er die Annäherung seiner Berechnung nicht weit genug getrieben hatte, und als er dieselbe mit mehr Umsicht wiederholte, fand er, dass die Theorie auch hier mit den Beobachtungen in vollkommenem Einklang sei. Nach ihm wurde diese wesentliche Verbesserung auch von Euler und D'Alembert als richtig erkannt, und die neuesten Bestimmungen der Bewegung der Apsiden der Mondesbahn, die Laplace in seiner *Mécanique céleste* gegeben hat, weichen nur mehr um ihren $^1/_{440}$sten Theil von den Beobachtungen ab. So wurde daher dieselbe Erscheinung, die man früher als eine Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze der Schwere betrachtete, jetzt einer der schönsten Beweise für das Dasein dieses Gesetzes. Darin eben spricht sich das Wesen der Wahrheit aus, dass jedes neue Hinderniss, das sich gegen

dieselbe zu erheben scheint, immer nur der Gegenstand eines neuen Triumphes für sie wird.

§. 77. (Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes.) Einen ähnlichen Fall, der den Astronomen noch mehr Mühe kostete, bot die Beobachtung der mittleren Bewegung des Mondes dar. Es ist bereits oben (Kap. *VI*) gesagt worden, dass die Umlaufszeit der Planeten um die Sonne, also auch die der Satelliten um ihre Hauptplaneten aus theoretischen Gründen, von welchen wir später sprechen werden, als konstant oder als unveränderlich erkannt ist. Da mit diesen Umlaufszeiten, nach dem dritten Kepler'schen Gesetze, die halben grossen Axen der Bahnen in unmittelbarem Zusammenhange stehen, indem, nach diesem Gesetze, eines durch das andere gegeben ist, so wurden dadurch auch diese Halbaxen der Bahnen als für alle Zeiten unveränderlich erwiesen, und die Beobachtungen der ältesten Zeit stimmten mit dieser Voraussetzung bei allen Planeten vollkommen überein.

Nicht so bei dem Monde. Auch hier, wie oben (§. 73) bei den beiden grössten Planeten unseres Sonnensystems, hatte Halley zuerst gefunden, dass die Umlaufszeit des Mondes um die Erde seit den Zeiten der griechischen Beobachtungen, d. h. nahe seit zweihundert Jahren vor Chr. G. bis auf unsere Tage immer kürzer, also die mittlere Bewegung des Mondes immer schneller werde, wodurch daher der Mond der Erde immer näher kommen, und endlich, wenn diese Bewegung ohne Aufhören in derselben Art fortschreitet, auf sie fallen müsste, um sich für immer mit ihr zu vereinigen.

Diese befremdende Erscheinung hat die Astronomen lange gequält, da sie die Ursache derselben nicht finden konnten. Man suchte diese Ursache in der Wirkung der Planeten, in der Abweichung des Mondes von der Erde von der Kugelgestalt, in dem Widerstande des Aethers, in der allmählichen Fortpflanzung der Schwere u. f., aber immer vergebens. Indess war die Uebereinstimmung aller anderen Phänomene des Himmels mit dem Gesetze der allgemeinen Schwere so gross, dass man nicht ohne lebhaftes Bedauern eine Ausnahme sehen konnte, welche bloss die mittlere Bewegung des Mondes von diesem Gesetze machen sollte. Diess bewog die beiden grössten Geometer ihrer Zeit, Lagrange und Laplace, dem Grunde dieser auffallenden Erscheinung weiter nachzuforschen. Sie gingen von der Ansicht aus, dass die Ausnahme nur scheinbar sei, und ihre Ursache in demselben Gesetze, und zwar in der Anziehung der Sonne auf den Mond haben müsse, aus welcher überhaupt alle Störungen dieses Satelliten zu erklären sein sollen. Wenn in der That die Erde in ihrer Bahn sich der Sonne allmählich näherte, oder von ihr entfernte, so würde sich dadurch auch die Entfernung des Mittelpunktes der Mondesbahn von der Sonne ändern, und es ist kein Zweifel, dass dadurch eine Vergrösserung oder eine Verkleinerung dieser Mondesbahn selbst hervorgebracht werden müsste. Allein die grosse Axe der Erdbahn ist, wie die aller Planeten, unveränderlich, und jene Voraussetzung einer veränderlichen Entfernung der Erde von der Sonne scheint sonach unzulässig zu sein.

Erinnert man sich aber (*I*. §. 147), dass die Excentricität der Erdbahn, den Beobachtungen gemäss, seit den ältesten Zeiten immer kleiner wird, dass also auch die elliptische Erdbahn, obschon die grosse Axe derselben unveränderlich ist, einem Kreise immer näher kommt,

so folgt daraus, dass auch die Sonne seit jener Zeit dem Mittelpunkte der Mondesbahn im Allgemeinen immer näher rücken, und dass dadurch die Wirkung der Sonne auf die Bewegung des Mondes vergrössert werden muss. **Lagrange** hat der Erste diesen Grund der Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes nachgewiesen, und **Laplace** hat denselben durch seine darüber angestellten Berechnungen über allen Zweifel erhoben. Die Wirkung der Sonne auf den Mond bedingt die Entfernung der Sonne von der Erde; die Entfernung aber hängt von der Excentricität der Erdbahn ab, und da die letzte veränderlich ist, so muss es auch die erste sein. Die mathematische Analyse gibt die Grösse dieser Aenderung des Sonneneinflusses, also auch die Grösse der daraus entspringenden Veränderung in der mittleren Bewegung des Mondes, und zwar mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmend. Nennt man t die seit dem Jahre 1800 verflossenen Jahrhunderte, so beträgt diese Aenderung der mittleren Länge des Mondes nach **Hansen** 12.18tt Sekunden, oder diese Länge ist im Jahr 1900 um 12.18 Sekunden grösser, als sie aus der Umlaufszeit, die der Mond im Jahre 1800 hatte, folgen würde.

§. 78. (Säculäre Bewegung der Apsiden- und Knotenlinie.) Dieselbe Theorie hat auch gezeigt, dass die oben (§. 74 und 75) erwähnten Bewegungen der Apsiden- und der Knotenlinien der Mondesbahn ähnlichen säculären Störungen unterworfen sind, die aus derselben Quelle entspringen. Während nämlich die mittlere Bewegung des Mondes in seiner Bahn mit der Zeit immer schneller wird, nimmt die Bewegung des Perigeums und die der Knotenlinie immer ab, und zwar in einem Jahrhundert jene um 50, und diese um 7 Sekunden, so dass diese drei säculären Störungen sich wie die Zahlen 1, 5 und $^3/_4$ verhalten. Die Beobachtungen der künftigen Jahrhunderte werden diese Bewegungen noch genauer bestimmen, da sie sich in der Folge der Zeiten anhäufen. Durch sie wird einst die Länge des Mondes um volle neun, und die Länge des Perigeums der Mondesbahn sogar um volle dreissig Grade verändert werden, und aus diesem grossen Unterschiede wird man mit Sicherheit auf die viel geringere Veränderung der Excentricität der Erdbahn zurückschliessen, von welcher jene Unterschiede die unmittelbaren Folgen sind. Diese Excentricität ändert sich in einem Jahre äusserst wenig, nur um etwa neun Meilen, aber durch diese Aenderung wird in der Folge der Jahrhunderte das Perigeum der Mondesbahn um dreissig Grade, d. h. um volle 27000 Meilen, verrückt werden, und unsere späten Nachfolger werden daher die Veränderung, welche seitdem in der Bahn der Erde vorgegangen ist, in der Bahn des Mondes wie in einem unermesslichen Hohlspiegel sehr vergrössert erblicken. Schon seit den Zeiten der Griechen bis auf unsere Tage ist die Länge des Mondes um zwei, und die des Perigeums seiner Bahn um volle $^3/_5$ Grade verändert worden, während sich doch in derselben Zeit und aus derselben Ursache die Gleichung des Mittelpunktes (*I.* §. 138) der Erde nur um acht Minuten, also nur um den 49sten Theil der Bewegung des Mondperigeums verändert hat.

Wenn aber diese säculäre Störung des Mondes ohne Aufhören in derselben Richtung fortginge, so würde sie, wie bereits erwähnt, den Mond der Erde immer näher bringen, und denselben endlich ganz auf sie stürzen. Allein diese verderbliche Folge haben wir nicht zu befürch-

ten. Die Analyse hat uns nämlich gezeigt, dass die Excentricität der Erdbahn nicht immer, sondern nur bis zu einem gewissen Grade abnehmen und dann wieder wachsen werde, so dass die Veränderungen derselben in bestimmte Grenzen eingeschlossen sind, welche diese Excentricität nie überschreiten kann. Die Perioden, während welcher sie von ihren grössten Werthen zu ihren kleinsten, und umgekehrt übergeht, enthalten aber viele Jahrtausende, und können jetzt, wo die Massen der Planeten noch nicht mit aller Schärfe bekannt sind, auch nicht mit völliger Genauigkeit bestimmt werden.

§. 79. (Seculäre Störungen der Planeten.) Nach diesen kurzen Betrachtungen der säculären Störungen des Mondes gehen wir nun zu denen der Planeten über. Es wurde bereits oben gesagt, dass die strenge Auflösung dieses Problems die Kräfte unserer Analyse übersteigt, und dass man sich daher mit einer blossen Annäherung begnügen muss, die uns glücklicherweise durch mehrere Einrichtungen unseres Sonnensystems sehr erleichtert wird. Demungeachtet ist die Aufgabe auch so noch sehr schwer und verwickelt, wie sie denn auch den vorzüglichsten Geometern, die seit Newton gelebt haben, Beschäftigung genug gegeben hat. Gewöhnlich stellt man sich dabei einen imaginären Planeten vor, der sich nach Kepler's Gesetz in einer Ellipse bewegt, deren Elemente selbst sich nach und nach ändern, während sich um diesen eingebildeten Planeten der wahre in einer kleinen Bahn bewegt, deren Natur von den periodischen Störungen abhängt, indess die erwähnten Aenderungen der elliptischen Elemente die säculären Störungen des Planeten zeigen. Es würde dem Zwecke dieser Schrift ganz unangemessen sein, uns in eine nähere Darstellung der hieher gehörenden Berechnungen einzulassen, daher wir uns begnügen, nur die vorzüglichsten Resultate derselben mehr geschichtlich als mit ihren Gründen anzuführen. Eine ausführliche und zugleich sehr schöne Darstellung der periodischen und säculären Störungen, gemeinfasslich und ohne Gebrauch der mathematischen Analysis, hat Airy in seiner Schrift: „*Gravitation or elementary explanation of the principal perturbations. Lond. 1834*“ gegeben, die in einer deutschen Uebersetzung durch den Herausgeber des vorliegenden Werkes erschienen ist, und auf die wir daher hier diejenigen Leser verweisen, die an diesem interessanten Gegenstand der Astronomie Antheil nehmen.

Wir geben am Ende des Werkes eine Uebersicht der jährlichen Aenderungen, welche durch die säculären Störungen in den Elementen der Planetenbahnen hervorgerufen werden. Diese Zahlen sind aber keineswegs immer dieselben und gelten eben nur für einige Jahrhunderte. Um diess durch ein Beispiel zu erläutern, theilen wir hier die veränderlichen Elemente der Erdbahn mit Rücksicht auf die säculären Störungen nach Le Verrier's neuesten Bestimmungen bis auf nahe hunderttausend Jahre vor und nach Chr. mit. Als Fundamentalebene für die Neigung und Länge des Knotens ist die Erdbahn zu Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts angenommen.

Epoche.	Excentricität.	Länge des Perihels.	Neigung.	Länge des aufsteigenden Knotens.
Vor Chr. 98200	0.0473	316° 18′	3° 45′ 31″	96° 34′
88200	0 0452	340 2	2 42 19	76 17
78200	0.0398	4 13	1 18 58	73 47
68200	0.0316	27 22	1 13 58	136 8
58200	0.0218	46 8	2 36 42	136 29
48200	0.0131	50 14	3 40 11	116 9
38200	0.0109	28 36	4 3 1	91 59
28200	0.0151	25 50	3 41 51	66 49
18200	0.0188	44 0	2 44 12	41 34
8200	0.0187	78 28	1 24 35	16 39
Nach Chr. 1800	0.0168	99 30	0 0 0	0 0
11800	0.0115	134 14	1 14 26	148 15
21800	0.0047	192 22	2 7 46	124 29
31800	0.0059	318 47	2 33 19	100 29
41800	0.0124	6 25	2 27 53	75 31
51800	0.0173	38 3	1 51 54	48 13
61800	0.0199	64 31	1 51 52	10 47
71800	0.0211	71 7	1 34 35	220 38
81800	0.0188	101 38	1 45 40	170 15
91800	0.0176	109 19	2 40 56	139 3
101800	0.0189	114 5	3 2 57	109 57

Man sieht aus dieser Tabelle, dass etwa hunderttausend Jahre vor unserer Zeitrechnung die Excentricität der Erdbahn beiläufig dreimal so gross war als gegenwärtig, dass sie aber nach zwanzig bis dreissig tausend Jahren nur ungefähr ein Viertel ihres jetzigen Werthes haben, und innerhalb der nächsten hunderttausend Jahre diesen letzteren Werth nie bedeutend übersteigen wird. Wo gegenwärtig das Perihel ist, war vor etwa 120,000 Jahren das Aphel, nach 27,000 Jahren wird abermals das Aphel, nach 80,000 Jahren aber wieder das Perihel in diese Lage kommen u. s. f.

Ganz ähnlichen Schwankungen unterliegen die Elemente der übrigen Planeten. Die Excentricität der Jupitersbahn z. B. bewegt sich zwischen den Grenzen 0.060 und 0.026, die der Saturnsbahn zwischen 0.024 und 0.013, beide innerhalb einer Periode von 70,000 Jahren und zwar so, dass die grösste Excentricität des einen dieser Planeten immer mit der kleinsten des anderen zu gleicher Zeit statt hat, und dass die eine wächst, während die andere abnimmt; um das Jahr 16,000 vor Chr. war die Excentricität der Jupitersbahn am kleinsten. Ebenso wanken die aufsteigenden Knoten dieser Bahn zwischen den Längen 90° und 117°, die des Saturn zwischen 72° und 136°, der mittlere Ort beider Knoten liegt nahe in der Länge von 104°. In gleicher Weise ist die Neigung der Jupitersbahn gegen die Ekliptik immer in den Grenzen 1° 17′ und 2° 3′, die der Saturnsbahn zwischen 0° 47′ und 2° 33′ enthalten. Die Perioden aber, in welchen diese Grössen von einer Grenze zur anderen übergehen, schliessen eine grosse Anzahl von Jahrhunderten, nahe 25,000 Jahre, in sich.

Die säculären Störungen werden übrigens erst von unseren späten Nachkommen mit völliger Schärfe bestimmt werden können, und diese sich dann in den Stand gesetzt sehen, auf die Veränderungen zurückzugehen, welche unser Planetensystem vor vielen Jahrtausenden erlitten hat, und zugleich mit Sicherheit diejenigen zu bestimmen, welche die Folge der künftigen Zeiten heraufführen wird.

§. 80. (Veränderlichkeit des tropischen Jahres.) Wenn man sich zwei einander schneidende Planetenbahnen, z. B. auf der Oberfläche eines Globus, verzeichnet, so sieht man gleichsam auf den ersten Blick, dass in Folge der gegenseitigen Anziehung der beiden Planeten die Bahnen derselben sich einander nähern, und dass daher der gestörte Planet die Ebene des störenden eher erreichen wird, als er ohne diese Störung gethan haben würde. Diess wird der Fall sein, der störende Planet mag über, oder, in der andern Hälfte seiner Bahn, unter der Ebene des gestörten sich befinden. Der Winkel aber, welchen die beiden Bahnen mit einander bilden, wird in der einen Hälfte derselben offenbar vermehrt und in der andern vermindert werden. Da nun beide Planeten, vermöge ihrer elliptischen Bewegung von West gen Ost, um die Sonne gehen, und da der gestörte Planet, wie gesagt, die Ebene des störenden früher erreicht, so wird dadurch der Knoten beider Bahnen dem Laufe des gestörten Planeten entgegen, also von Ost gen West gebracht, während im Gegentheile die Neigung beider Bahnen abwechselnd vergrössert und verkleinert wird. Mit andern Worten: durch die Störungen zweier Planeten gegen einander weichen die Knoten der gestörten Bahn auf der störenden immer zurück, während die Neigungen beider Bahnen, kleine periodische Schwankungen ausgenommen, im Allgemeinen als beständig betrachtet werden können.

Diess gilt von der Lage zweier Planetenbahnen gegen einander. Wenn man aber, wie es dem astronomischen Gebrauche angemessen ist, die Lage eines jeden Planeten auf eine dritte, ebenfalls bewegliche Ebene, z. B. auf die Ekliptik bezieht, so hat jene einfache Darstellung nicht mehr statt, und dann kann der Knoten der gestörten Bahn mit der Ekliptik sowohl vor- als rückwärts gehen, und die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik kann ebenso, wie der Knoten, beständig zu- oder abnehmen. Diess ist selbst dann der Fall, wenn die Ekliptik als eine feste Ebene betrachtet wird. Allein das ist sie nicht, da sie, als die Ebene der Erdbahn, von allen andern Planeten ebenfalls in ihrer Lage am Himmel gestört wird. Nach den astronomischen Rechnungen nähert sich, in Folge dieser Störungen der Erde durch die Planeten, die Ekliptik dem Aequator in jedem Jahrhundert um 48.37 Sekunden, während der Durchschnittspunkt derselben mit dem Aequator, oder während der Frühlingspunkt um die kleine Grösse von 16.44 Sekunden vorwärts oder von West nach Ost geht. Wir haben aber bereits oben (*I.* §. 188) gesehen, dass, den Beobachtungen zu Folge, der Frühlingspunkt in einem Jahrhundert um 5021.13 Sekunden rückwärts geht, und dass diess im Allgemeinen eine Folge der Anziehung der Sonne und des Mondes auf den abgeplatteten und rotirenden Erdkörper ist, die wir dort die Präcession genannt haben. Da aber die Wirkung der Planeten den Frühlingspunkt in einem Jahrhundert um 16.44 Sekunden vorwärts bewegt, so beträgt die eigentliche Wirkung der Sonne und des Mondes 5037.57 Sekunden, oder die beobachtete Präcession, nach

welcher der Frühlingspunkt in jedem Jahre um 50.2113 Sekunden rückwärts geht, besteht aus zwei Theilen: vermöge des ersten, oder vermöge der Einwirkung der Sonne und des Mondes auf die abgeplattete Erde geht der Frühlingspunkt jährlich um 50.3757 Sekunden rückwärts, und vermöge des zweiten, der Einwirkung der Planeten auf die Erdbahn, geht derselbe jährlich um 0.1644 Sekunden vorwärts. Der erste ist seiner Natur nach konstant und für alle Zeiten derselbe, wenn anders die mittlere Entfernung jener beiden Gestirne und die Abplattung der Erde sich nicht mit der Zeit ändert. Der zweite Theil aber hängt von der Lage, von der Vertheilung der Planetenbahnen gegen die Erdbahn ab, und ist daher veränderlich, da in der Folge der Jahrhunderte diese Lage der Planeten, eben durch ihre gegenseitigen Störungen, eine ganz andere sein wird, als diejenige ist, welche wir jetzt beobachten.

Diese Bemerkung hat einen wichtigen Einfluss auf die Länge des Jahres, und dadurch auf unsere gesammte Zeitrechnung. Das w a h r e Jahr der Erde oder die siderische Umlaufszeit (*I.* §. 97) derselben um die Sonne ist bei ihr, wie bei allen anderen Planeten, eine völlig unveränderliche Grösse. Allein das tropische Jahr (*I.* §. 120), oder die Umlaufszeit der Erde in Beziehung auf den Frühlingspunkt, ist kürzer als das siderische Jahr, und zwar um die Zeit, welche die Erde braucht, mit ihrer mittleren Bewegung den Bogen zurücklegen, welcher von dem Frühlingspunkte vermöge der beobachteten Präcession zurückgelegt wird. Dieser Bogen enthält aber, nach dem Vorhergehenden, einen übrigens kleinen Theil, dessen Werth in verschiedenen Jahrhunderten veränderlich ist. Also ist auch die Zeit, in welcher die Sonne diesen Bogen zurücklegt, und das tropische Jahr selbst eine veränderliche Grösse.

In unseren Tagen z. B. beträgt jener veränderliche, von den Planeten kommende Theil der Präcession, wie oben gesagt wurde, 0.1644 Sekunden. Da die Sonne in einem Tage $0^0\ 59'\ 8''.33$ zurücklegt, so wird sie einen Bogen von $0''.1644$ in v i e r Zeitsekunden beschreiben, d. h. unser gegenwärtiges Jahr von 365.24220 Tagen ist um 4 Sekunden grösser, als das mittlere tropische Jahr. Seit H i p p a r c h's Zeiten (140 Jahre vor Chr. G.) bis auf unsere Tage ist das tropische Jahr, nach welchem sich alle unsere Zeitrechnungen, unsere Kalender und selbst unsere Jahreszeiten richten, etwa um 14 Sekunden kürzer geworden.

§. 81. (Einfluss der Störungen auf die Jahreszeiten.) Die näheren Folgen der Bewegung der Apsidenlinie wurden schon oben (*I.* §. 149) angeführt. Hier wollen wir nur noch bemerken, dass die Lage der grossen Axe einer Planetenbahn, wenigstens so lange die Excentricität derselben nur gering ist, weder auf ihren eigenen, noch auf die anderen Planeten irgend einen wesentlichen Einfluss äussern kann, und dass es daher im Allgemeinen gleichgültig ist, nach welchem Punkte des Himmels dieselbe gerichtet ist, und ob, wie es in der That der Fall, die Bewegung derselben in keine Grenzen eingeschlossen ist, sondern sich mit der Zeit über alle Punkte ihres Umkreises verbreitet.

Nicht so verhält es sich aber mit der Grösse der Excentricität dieser elliptischen Bahnen, da von dieser die mittlere Temperatur der Oberfläche der Planeten, und die Grösse der Variation der Jahreszeiten abhängt. Man kann durch eine einfache Rechnung zeigen, dass der mittlere Betrag der Erwärmung und Erleuchtung, die ein Planet von der

Sonne erhält, wenn die grosse Axe der Bahn dieselbe bleibt, sich wie die kleine Axe dieser Bahn verhält. So wie diese letztere sich ändert, ändert sich auch die Excentricität, und also auch die Temperatur auf der Oberfläche des Planeten.

Bei der Erde z. B. beträgt die Aenderung der Distanz derselben von der Sonne nahe den 30sten Theil ihrer mittleren Entfernung, und die Aenderung der erwärmenden Kraft der Sonne im Winter und Sommer wird demnach auf das Doppelte oder um den 15ten Theil des Ganzen steigen. Wenn daher die Excentricität der Bahn der Erde einmal sehr gross werden könnte, so würde dadurch der Unterschied der beiden jährlichen Extreme der Temperatur (*I.* §. 149) ebenfalls sehr beträchtlich, und endlich dem Pflanzen- und Thierreiche schädlich werden können. Jetzt nämlich hängt die Verschiedenheit der Temperatur unserer Jahreszeiten beinahe ganz von der schiefen Stellung der Erdaxe gegen die Ekliptik ab, nicht aber von der Entfernung der Sonne, die sogar in unserem Winter kleiner ist, als im Sommer. Wenn aber die Excentricität der Erdbahn grösser und z. B. die Sonne zu einer Zeit zwei- oder dreimal weiter von uns wäre, als zu einer anderen, so würde die grosse Verschiedenheit der Entfernung der Sonne einen sehr merklichen Einfluss auf unsere Temperatur äussern. Dann würde, wegen der Bewegung des Periheliums, die Zeit der Sonnennähe oder die Zeit der grössten Hitze, nach einander alle Monate des Jahres durchlaufen, und jene beiden Hauptbedingungen der Temperatur, die schiefe Stellung der Erdaxe und die Verschiedenheit der Entfernung der Sonne von der Erde, würden sich zuweilen gegenseitig aufheben oder neutralisiren, zuweilen aber auch wieder mit einander verbinden, und so die Hitze des Sommers, wie die Kälte des Winters, ganz unerträglich machen. Diess findet aber nicht statt, und die Analyse zeigt, wie gesagt, dass die Excentricitäten aller Planetenbahnen, so wie die Neigungen, in Grenzen, und zwar in sehr enge Grenzen eingeschlossen sind, die sie nie übersteigen können.

§ 82. (**Säculäre Störungen als Mittel zur Bestimmung der Massen.**) Ausser den Mitteln, die wir oben (Kap. *III.*) zur Bestimmung der Massen der Planeten angegeben haben, und die sich nur auf die von Satelliten begleiteten Planeten beziehen, geben Störungen, welche die Planeten überhaupt von einander erleiden, noch einen andern, und zwar oft sehr sichern Weg die Massen derselben zu bestimmen. Nach dem Gesetze der allgemeinen Schwere (§. 33) verhält sich die Anziehung jedes Körpers wie seine Masse, dividirt durch das Quadrat der Entfernung desselben von dem angezogenen Körper. Wie mannigfaltig daher auch diese Attraktion eines Planeten auf den andern durch äussere Umstände modificirt werden mag, immer wird die eigentliche Grösse dieser Anziehung von der Masse des anziehenden Planeten abhängen, oder immer wird der analytische Ausdruck der Störung, welche ein Planet auf den andern ausübt, die Masse des störenden Planeten als Faktor enthalten. Wird nun in der Zeitfolge die wahre Grösse dieser Störung durch unmittelbare Beobachtung genau bestimmt, so wird man diesen numerischen Ausdruck jenem analytischen Ausdrucke derselben gleich setzen, und dadurch eine sogenannte Gleichung erhalten, in welcher man die Masse des störenden Planeten als die einzige unbekannte Grösse anzusehen, und daher dieselbe durch Hülfe dieser Gleichung zu bestimmen hat.

Dieses Verfahren lässt sich, wie man sieht, nicht nur bei den säculären, sondern auch bei den periodischen Störungen der Planeten immer dort mit Nutzen anwenden, wo diese Störungen selbst gross genug sind, um durch die Beobachtungen mit Schärfe aufgefasst und von anderen unterschieden zu werden. Auf diese Weise hat man z. B. in den neueren Zeiten die Masse Jupiters durch die Störungen, welche er auf die vier älteren Asteroiden ausübt, mit einer viel grösseren Schärfe bestimmt, als es früher durch die Beobachtung der vier Satelliten dieses Planeten möglich war, eine Verbesserung von grosser Wichtigkeit, da Jupiter unter allen Planeten bei Weitem die grösste Masse hat, und daher auch auf das ganze Planetensystem den bedeutendsten Einfluss äussert. Künftig wird es daher besser sein, die Beobachtungen dieser Satelliten und der Störungen, die sie von der Sonne erleiden, zur Bestimmung ihrer eigenen Masse zu benützen, wie diess Laplace mit den vier Monden Jupiters schon gethan hat. Die Bewegungen der Monde Saturns und noch mehr die der Satelliten des Uranus, sind uns noch zu wenig bekannt, um sie zu demselben Zwecke anwenden zu können, und zwar, weil diese Gestirne, besonders die letzten, sehr lichtschwach und demnach nur mit den vorzüglichsten Teleskopen zu sehen sind.

Kapitel VIII.

Entdeckung des Planeten Neptun.

§. 83. (Genaue Bahnbestimmung eines neuen Planeten.) Die Entdeckung des Planeten Neptun steht so einzig in der Geschichte der Astronomie da, dass sie durchaus mit keiner andern verglichen werden kann. Während die übrigen neuen Planeten entweder ganz zufällig oder im Verlaufe einer zwar genauen und wohlangelegten, aber immer auf gut Glück unternommenen Durchsuchung des Himmels gefunden wurden, ward die Existenz Neptuns bewiesen, bevor wir ihn gesehen hatten. Die Auffindung dieses Himmelskörpers bildet eine der merkwürdigsten Anwendungen der Theorie der Störungen, und wir haben desshalb die Geschichte der Entdeckung Neptuns in diese Abtheilung verlegt.

Wir haben schon früher gezeigt, wie die Astronomen zu verfahren pflegen, um über die Bahn eines neuen Planeten nähere Auskunft zu erhalten. Sie bestimmen nämlich aus den vorhandenen Beobachtungen desselben diejenigen Grössen, welche sie die Elemente der Bahn nennen, bei deren Berechnung sie aber bloss auf die Anziehung der Sonne Rücksicht nehmen, oder, was dasselbe ist, die Sache so betrachten, als ob bloss die Sonne und der neue Planet vorhanden, und letzterer der Einwirkung keines andern Körpers ausgesetzt wäre. Bei solcher Annahme ist die Bahn des Planeten eine Ellipse, deren Gestalt und Lage im Raume eben durch jene Elemente angegeben wird. Die sechs Elemente einer Planetenbahn sind nun, wie bekannt, folgende: Die grosse Axe

der Ellipse, ihre Excentricität, die Länge des aufsteigenden Knotens, die Neigung gegen die Ekliptik, die Länge des Perihels, und die Zeit des Durchganges des Planeten durch irgend einen Punkt seiner Bahn, oder die Epoche. Die ersten zwei Elemente bestimmen die Gestalt der Ellipse, das dritte und vierte die Lage der Bahnebene im Raume, das fünfte gibt die Lage der Ellipse in ihrer eigenen Ebene, und das sechste die Position des Planeten in seiner Ellipse.

Hat man diese Elemente mit grosser Annäherung ausgemittelt, so wird man im Stande sein, die relative Lage des Planeten gegen alle übrigen, und seine Entfernungen von diesen für jede Zeit anzugeben, und somit auch die Einwirkungen dieser Körper auf jenen, oder die sogenannten Störungen des Planeten zu berechnen. Nun erst wird es möglich, die Beobachtungen, aus denen man die ersten genäherten Elemente abgeleitet hat, von dem Einflusse dieser Störungen zu befreien, und sie so umzustellen, als ob der Planet bloss der Anziehung der Sonne ausgesetzt wäre. Aus den so verbesserten Beobachtungen erhält man erst die genauen Elemente seiner elliptischen Bahn um die Sonne. Die Astronomen pflegen ferner, so oft es die besondere Beschaffenheit dieser Bahn zulässt, Tafeln zu konstruiren, welche ihnen die Vorausberechnung des von der Sonne aus gesehenen oder heliocentrischen Ortes des Planeten für jeden beliebigen Zeitmoment sehr erleichtern, und in diese Tafeln nehmen sie zugleich die Störungen durch die übrigen Planeten auf. Mit Hülfe des aus dieser Tafel genommenen heliocentrischen Ortes finden sie dann durch eine leichte und sehr einfache Rechnung die von der Erde aus gesehene oder geocentrische Position des Planeten. Berechnet man nun den Lauf des Planeten mit Hülfe dieser Tafeln auf eine ganze Reihe von Jahren voraus, und findet dann, dass derselbe mit den Beobachtungen vollkommen harmonirt, so wird man überzeugt sein können, dass die den Tafeln zu Grunde liegenden Elemente die richtigen sind. Stellt sich dagegen mit der Zeit eine Abweichung der berechneten von den beobachteten Orten des Planeten heraus, so erfordern die Elemente noch eine Verbesserung, und man wird sie also fort und fort korrigiren, bis die gewünschte Uebereinstimmung mit dem Himmel hergestellt ist.

§. 84. (Anomalien in der Bewegung des Uranus. Vermuthungen über die Existenz eines neuen Planeten jenseits Uranus.) Dieser Weg wurde denn auch bei der Bestimmung der Bahn des Uranus eingeschlagen, dessen Entdeckung durch W. Herschel auf den 13. März 1781 fällt. Delambre war es, der im Jahre 1789 die ersten auf eine sorgfältige Bestimmung der Elemente der Uranusbahn gegründeten Uranustafeln gab. Diese Tafeln stimmten mit dem Himmel bis in das zweite Decennium unseres Jahrhunderts; aber allmählich zeigte sich eine mit der Zeit wachsende Discordanz gegen die beobachteten Positionen des Uranus, welche im Jahre 1821 in Länge auf mehr als eine Minute (Bogen) anwuchs. Diess veranlasste Alexis Bouvard zu einer neuen Diskussion sämmtlicher Beobachtungen dieses Planeten, die bis dahin vorhanden waren. Es lag in dieser Beziehung schon ein reichhaltiges Material vor, nämlich 40jährige Beobachtungen von 1781—1821, und 19 ältere Beobachtungen, in den Jahren 1690—1771 von Flamsteed, Bradley, Mayer und Lemonnier gemacht, die ihn für einen Fixstern sechster Grösse genommen hatten. Diese Beobachtungen umfassten also einen Zeitraum von 130 Jahren, oder mehr als

anderthalb Revolutionen des Planeten, und man konnte mit Recht erwarten, dass aus einer sorgfältigen und gründlichen Benützung derselben eine sehr gute, auf lange Jahre hinaus mit den Beobachtungen harmonirende Bahn des Uranus hervorgehen werde. Sonderbarerweise aber stellte es sich als etwas ganz Unmögliches heraus, den eben erwähnten ältern Beobachtungen von 1690—1771 zugleich mit den neueren durch dasselbe System von Elementen Genüge zu leisten. Wurden diese Elemente aus allen Beobachtungen abgeleitet, so waren die Abweichungen der aus ihnen berechneten Orte von den neueren Beobachtungen zu gross, um noch als Beobachtungsfehler gelten zu können. Bouvard schloss also jene 19 ältern Beobachtungen gänzlich aus, und leitete nur aus den neueren eine Bahn ab. Die ältern stimmen nun gar nicht, und obwohl sie allerdings nicht so genau sind, als die neuern, so war es doch nicht denkbar, dass sie alle so fehlerhaft wären, als die nach der gefundenen Bahn berechneten Tafeln verlangten. Dieses höchst auffallende Resultat veranlasste Bouvard zu der Bemerkung, dass die Nichtübereinstimmung nicht zufällig sein könne, sondern einen ganz besondern Grund haben müsse, dessen Erforschung aber einer spätern Zeit vorbehalten wäre. »... *je laisse au temps à venir*, bemerkt er, *le soin de faire connaître, si la difficulté de concilier les deux systèmes tient réelement à l'inexactitude des observations anciennes, ou si elle dépend de quelque action étrangère et inapperçue, qui aurait agi sur la planète.*«

Wie bei Bouvard's Verfahren vorauszusetzen war, stimmten seine im Jahre 1821 erschienenen Tafeln nur wenige Jahre mit dem Himmel überein. Schon im Jahre 1830 war der Fehler in Länge 15 bis 20 Sekunden, in Breite 10 bis 15 Sekunden, und stieg bis zum Jahre 1842 auf 120 Sekunden in Länge und 30 bis 40 Sekunden in Breite. Diese auffallenden Unregelmässigkeiten, die Hartnäckigkeit, womit dieser Planet jedem Versuche, seine Bewegung mit den Gesetzen der allgemeinen Gravitation in Einklang zu bringen, widerstand, gab zu den verschiedenartigsten Vermuthungen Anlass, und es fehlte nicht an Astronomen, welche der Meinung waren, dass diese Anomalien durch die Einwirkung eines oder mehrerer noch unbekannter Körper des Sonnensystems hervorgebracht würden. So fand erst kürzlich Mauvais in dem Manuscripte Lalande's, welches der oben erwähnten *Histoire céleste* zu Grunde liegt, eine sonderbare Bemerkung, welche zeigt, dass sich Lalande und Burckhardt vom 25. Oktober 1800 an mit der Aufsuchung eines neuen, jenseits Uranus gelegenen Planeten beschäftigten. Noch mehr tritt die Ueberzeugung von der Existenz eines solchen Himmelskörpers in den folgenden Briefen verschiedener Astronomen hervor.

T. J. Hussey an G. B. Airy. Hages, Kent, 17. November 1834. »Ich hatte bei meinem letzten Aufenthalte in Paris eine Unterredung mit A. Bouvard, deren von mir oft erwogener Gegenstand Sie interessiren dürfte. Ihre Meinung über die Sache wird mir massgebend sein. Nachdem ich mir in den letzten Jahren mit Beobachtung des Uranus viele Mühe gegeben, machte ich mich an eine genaue Prüfung der Bouvard'schen Tafeln dieses Planeten. Die scheinbar unerklärlichen Abweichungen der neueren von den älteren Beobachtungen führte mich auf die Möglichkeit eines störenden Körpers ausserhalb Uranus, den

man, da er unbekannt, bisher nicht in Rechnung genommen. Mein erster Gedanke war, einen genäherten Ort dieses supponirten Körpers empirisch abzuleiten, und dann mit meinem grossen Reflektor alle kleineren Sterne in der Gegend durchzumustern; allein ich fand mich für den ersten Theil der Aufgabe ganz unfähig. Wenn ich es auch vielleicht früher hätte leisten können, so geht es doch jetzt über meine Kräfte, auch wenn ich, was jetzt nicht der Fall ist, die nöthige Zeit dazu hätte. Ich liess also den Gegenstand fallen. In dem Gespräche mit Bouvard fragte ich, was er von jener Ansicht hielte; er antwortete, dass, wie man wohl erwarten konnte, auch er schon auf diese Idee verfallen und darüber mit Hansen eine Weile korrespondirt habe. Der letzte glaubte, dass ein Körper zur Erklärung der Erscheinung nicht hinreiche, und dass es wahrscheinlich zwei Planeten ausserhalb Uranus gebe.*) Auf meinen Vorschlag, den Ort des störenden Körpers empirisch zu bestimmen, und dann den Himmel zu durchforschen, ging er völlig ein, und glaubte, dass jene vorläufige Rechnung mehr weitläufig als schwierig sein würde; wenn er Musse dazu fände, wollte er die Rechnung durchführen, und mir die Resultate als Grundlage einer genauen Durchsuchung mittheilen. Seither hörte ich nichts von ihm hierüber, und war zu kränklich, um zu schreiben. Was denken Sie davon? vorausgesetzt, dass Sie die Idee überhaupt billigen, könnten Sie mir dann wohl die Grenzen roh angeben, zwischen denen dieser oder diese Körper im nächsten Winter wahrscheinlich zu finden wären? Da die Neigung der Bahn vermuthlich der der älteren Planeten ähnlich ist, so würde die Breite der zu durchsuchenden Zone nur sehr gering sein. Wenn ich nicht irre, so ist mein Fernrohr so vollkommen, dass ich damit unmittelbar, und schon am Lichte einen Planeten von einem Fixsterne unterscheiden kann. Ich würde dabei übrigens doch in folgender Weise vorgehen. Zuerst sollte der ganze Raum zwischen den nöthigen Grenzen auf die Karte gebracht werden, und zwar bis zu den kleinsten Sternen, die ich noch wahrnehmen könnte. Die Zwischenzeit einer Woche würde mich dann über jede Veränderung in's Reine bringen. Wenn die ganze Sache Ihnen nicht eine Chimäre scheint, wie ich bis zu jenem Gespräche mit Bouvard fast fürchtete, so würden Sie mich durch einen Wink darüber sehr erfreuen.«

In der Antwort auf diesen Brief sagt Airy, dass er auch schon oft über die Unregelmässigkeiten des Uranus nachgedacht, aber den Gegenstand für lange noch nicht reif genug halte, um auch nur die mindeste Hoffnung auf Erforschung einer äussern Wirkung zu geben. Flamsteed's Beobachtungen verwirft er geradezu, nicht so Bradley's und Mayer's Beobachtungen. Er legt besonders Gewicht darauf, dass die aus den Beobachtungen zwischen 1781 und 1825 abgeleiteten Elemente in den Jahren 1750 und 1834, wo der Planet sich nahe auf denselben Punkten seiner Bahn befand, nahe dieselben Abweichungen geben. Diess lässt, glaubt er, nicht auf unregelmässige Störungen schliessen, und könnte seine Erklärung in einer Unvollkommenheit der Theorie finden. Aber selbst wenn eine äussere Wirkung nachgewiesen wäre, so zweifelt er noch sehr an der Möglichkeit, den Ort des störenden Körpers zu bestimmen; es gehörten dazu wenigsten einige successive

*) Nach einer späteren Reclamation von Hansen ungenau.

Revolutionen von Uranus, um die Natur der Unregelmässigkeiten der Uranusbewegung genauer zu ergründen.

Noch bestimmter spricht sich hierüber Nicolai, der anfangs so wie Olbers und Bessel zu den Gegnern der Idee eines transuranischen Planeten gehörte, in einem Briefe an Schumacher aus, der sich im dreizehnten Bande der »Astronomischen Nachrichten« vorfindet, und als Datum den 11. November 1835 trägt. Nicolai erwähnt hier die Discordanzen, die sich bei der Rückkehr des Halley'schen Kometen zu seinem Perihelium in den Jahren 1682, 1759 und 1835 zwischen der Vorausberechnung und den nachherigen Beobachtungen zeigten, und schliesst mit folgender denkwürdigen Stelle: »Dieses letztere (nämlich die Unvereinbarkeit der Perihelzeiten des Halley'schen Kometen) würde sogleich an eine andere Erscheinung erinnern, die bisher, so viel ich weiss, noch keine genügende Erklärung gefunden hat: ich meine die von Bouvard zuerst bemerkte Unvereinbarkeit der älteren Uranusbeobachtungen mit den neueren. Man ist in dieser Beziehung schon auf den Gedanken gekommen, dass diese Erscheinung vielleicht in der Existenz eines jenseits des Uranus (nach der bekannten Analogie in der Distanz = 38) sich bewegenden Planeten ihren Grund haben könne. Eine ähnliche Erscheinung bei dem Halley'schen Kometen würde unstreitig diesem Gedanken neue Nahrung geben; alsdann aber möchte es für eine so äusserst subtile Frage sehr wünschenswerth sein, einerseits beim Halley'schen Kometen auch noch auf das Perihel von 1607 zurückzugehen, und andererseits die gesammte Uranustheorie einer neuen sorgfältigen Prüfung zu unterwerfen. Wenn, um in der Schlussfolgerung noch weiter zu gehen, diese Untersuchungen wirklich auf ein Resultat führen sollten, welches jenem Gedanken einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit verliehe, so ergäbe sich ein weiteres, darauf zu gründendes Problem von selbst (er meint nämlich die Aufgabe, aus den vorliegenden Unregelmässigkeiten in der Uranusbewegung auf den Ort des störenden Körpers zurückzuschliessen), auf dessen glückliche Lösung sich alsdann Versuche stützen würden, deren endliches, vielleicht mögliches Gelingen wohl der höchste Triumph der Wissenschaft sein möchte.«

Im Jahre 1837 erhielt Airy einen Brief von Eugène Bouvard, Neffen des oben genannten Alexis Bouvard, in welchem abermals der Idee eines äusseren Planeten Erwähnung geschieht. E. Bouvard bemerkt ausdrücklich, dass diese Idee von seinem Onkel gebilligt werde, und er spricht die Absicht aus, die Sache näher zu untersuchen. In der Antwort hierauf beharrt Airy bei seiner an Hussey geäusserten Ansicht in allen Beziehungen.

Wir lassen noch den Auszug eines vom 1. Oktober 1846 datirten Briefes von Sir J. Herschel an den Redakteur des Journals »Athenäum« folgen. Es geht daraus hervor, dass auch Bessel (gest. 17. März 1846) der Hypothese eines transuranischen Planeten, für welche er sich in der That schon 1840, also wohl der Erste öffentlich ausgesprochen und durch seinen Schüler Flemming bereits eine grosse Vorarbeit hatte ausführen lassen, von Zeit zu Zeit wieder nachforschte.

»Am 12. Juli 1842 beehrte mich der verstorbene berühmte Astronom Bessel mit einem Besuche. Am Nachmittage desselben Tages, während wir uns über die grossen Planetenreduktionen, welche damals von dem k. Astronomen (Airy) unternommen waren, besprachen, be-

merkte Bessel, dass die Bewegung des Uranus, wie er sich selbst durch eine sorgfältige Untersuchung der Beobachtungen überzeugt habe, durch die Störungen der bisher (1842) bekannten Planeten nicht erklärt werden könne, und dass die Abweichungen der Beobachtungen von der Theorie die möglichen Beobachtungsfehler bei weitem übertreffen. Ich fragte ihn sogleich, ob diese Abweichungen nicht der Wirkung eines noch unbekannten Planeten zuzuschreiben wären? Bessel antwortete bejahend, es scheine ihm dieses sehr gut möglich; die Fehler wären sehr gesetzmässig, und so, dass sie allerdings von einem äussern Planeten hervorgebracht werden könnten. Ich frage Bessel, ob er versucht habe, nach den durch die Störungen gegebenen Andeutungen die Position des unbekannten Körpers zu ermitteln, damit man sein Dasein bekannt geben könne. Aus Bessel's Antwort, deren ich mich aber nicht mehr von Wort zu Wort erinnere, ersah ich, dass er sich mit dieser Untersuchung noch nicht beschäftigt habe, aber dass er willens sei, sie zu unternehmen, wenn er andere Arbeiten, die ihm den grössten Theil seiner Zeit kosteten, vollendet haben würde. Später in einem Briefe vom 14. November 1842 nach seiner Rückkunft nach Königsberg schrieb mir Bessel: »»In Beziehung auf unsere Unterhaltung zu Collingwood muss ich Ihnen sagen, dass ich auch den Uranus nicht vergessen habe.««

Wie man aus dem seither bekannt gemachten Briefwechsel zwischen Olbers und Bessel ersieht, beschäftigte sich Bessel schon im Jahre 1823 mit den räthselhaften Unregelmässigkeiten in der Bewegung des Uranus, und suchte eine geraume Weile hindurch die Erklärung in einer Modifikation des Newton'schen Gravitationsgesetzes, wonach z. B. die Himmelskörper sich nicht bloss nach Masse und Entfernung, sondern überdiess nach gewissen Affinitäten bald mehr, bald minder anzögen. Die Widersprüche, auf die er bei dieser Hypothese kam, so wie andere Beschäftigungen scheinen ihn mehrere Jahre (bis 1839) von dieser Untersuchung abgezogen zu haben.

Einer brieflichen Mittheilung des Hrn. Dir. Argelander entnehmen wir, dass Bessel im Jahre 1842 mit Argelander auf diesen Gegenstand zurückkam, ihn um eine neue Reduktion der alten Uranusbeobachtungen ersuchte, und die Ueberzeugung aussprach, man werde die Elemente des transuranischen Planeten bis auf Excentricität und Neigung finden können, diese aber würden wahrscheinlich so klein sein, dass sie wenig Einfluss hätten; wie richtig diese Muthmassungen waren, wenn man die Conceptionen eines Bessel »Muthmassungen« nennen darf, werden wir weiter unten sehen. Später schrieb Bessel mehrmals an Argelander, er brauche sich mit der Reduktion nicht zu übereilen, weil noch mehrere Vorarbeiten zu vollenden seien; welcher Art aber diese Vorarbeiten waren, äusserte er in seinen Briefen nicht. Jedenfalls gibt das eben Gesagte zu erkennen, wie nahe Bessel daran war, die Pforten zu sprengen, an denen sich schon so viele versucht hatten, und die sich bald darauf vor dem glücklicheren Le Verrier öffnen sollten.

§. 85. (Genauere Untersuchung der Uranusbewegung. Le Verrier.) Im Jahre 1842 stellte die Akademie der Wissenschaften in Göttingen die Preisfrage: »Eine den Anforderungen, welche der gegenwärtige Stand der Wissenschaft an derartige Untersuchungen macht, genügende neue Bearbeitung

der Theorie der Uranusbewegung mit Darlegung der Hauptmomente in einer angemessenen Ausführlichkeit zu liefern.« Aber es erfolgte keine Beantwortung. Inzwischen erschienen E. Bouvard's neue Uranustafeln, die zwar die Beobachtungen von 1781—1840 bei weitem besser darstellten, als die Tafeln seines Onkels, aber immer noch Abweichungen von 15″ mit dem Himmel zeigten, die sich auf keine Weise verkleinern liessen. Allein solche Fehler sind bei den neueren Beobachtungen ganz unzulässig, insbesondere wenn man bedenkt, dass nicht einzelne Beobachtungen, sondern Mittel aus zahlreichen, sehr gut unter sich übereinstimmenden Beobachtungen jene Abweichungen zu erkennen geben.

Die Thatsache stand nun fest, dass es nicht möglich sei, durch ein System elliptischer Elemente des Uranus die ganze vorhandene Reihe von Beobachtungen dieses Planeten befriedigend darzustellen. Ob aber die von mehreren Astronomen vermuthete Existenz eines noch unbekannten Planeten die Ursache davon sei, oder ob vielleicht das Gravitationsgesetz nicht ausreichend sei, die Bewegung des Uranus zu erklären, blieb noch unentschieden. Die hohe Wichtigkeit einer näheren Untersuchung dieses Gegenstandes veranlasste Arago im Jahre 1845, den jungen Mathematiker Le Verrier aufzufordern, sich mit der endlichen Lösung dieser Schwierigkeit zu beschäftigen. Le Verrier hatte sich bereits durch schöne und umfassende Arbeiten einen bedeutenden Ruf als Geometer und Rechner erworben; er unterzog sich dieser schwierigen Untersuchung, und legte die Ergebnisse seiner höchst weitläufigen und mit einem bewunderungswürdigen Scharfblicke durchgeführten Rechnungen der Pariser Akademie zuerst in den Sitzungen vom 10. November 1845, 1. Juni, 31. August und 5. Oktober 1846 vor. Die vollständige und das ganze Gerüste der Rechnung darstellende Abhandlung erschien später in der *Connaissance des temps* für 1849 unter dem Titel: *Recherches sur le mouvement de la planète Herschel par U. J. Le Verrier.*

Die erste Abtheilung dieses interessanten Werkes enthält die Entwicklung der Störungen des Uranus durch Jupiter und Saturn, die Le Verrier so weit fortgesetzt hat, dass nicht leicht ein Glied von einiger Bedeutung dabei ausser Acht gelassen wird. Wenn man nämlich die Theorie eines Planeten, dessen Bewegung schon näherungsweise bekannt ist, mit Genauigkeit entwickeln will, so muss man zuerst eine Reihe von genauen und zahlreichen Beobachtungen anstellen, die sich über einen bedeutenden Zeitraum erstrecken. Ferner muss man, sich stützend auf die Gesetze der allgemeinen Schwere, und indem man den Einfluss sämmtlicher auf den Planeten wirkenden Massen berücksichtigt, mit Sorgfalt die analytischen Ausdrücke entwickeln, welche die Position des Gestirnes zu irgend einer Zeit angeben. Diese beiden ersten Theile der Untersuchung sind unabhängig von einander; aber sie müssen, sobald sie einzeln vollendet sind, in Verbindung gebracht werden, indem man eben aus den Beobachtungen die Werthe gewisser Grössen, die in den Formeln noch unbestimmt geblieben sind, zu ermitteln sucht. Le Verrier hat die Pariser Beobachtungen von 1801 bis 1845, und die Greenwicher von 1781 bis 1801 und von 1829 bis 1830 zu Grunde gelegt, dann die Störungen durch Jupiter und Saturn entwickelt, und zwar sowohl nach der bisher immer in Anwendung gebrachten Laplace'schen Methode, als auch nach einer ihm eigenthümlichen, um durch die

Uebereinstimmung der auf zwei verschiedenen Wegen gefundenen Resultate von der Richtigkeit der ganzen Rechnung überzeugt zu sein.

In der zweiten Abtheilung gibt Le Verrier die Vergleichung seiner neu entwickelten Theorie des Uranus mit den Beobachtungen. Alle Beobachtungen von 1690 bis 1845 wurden neu und genau reducirt, für die entsprechenden Beobachtungsmomente nach den älteren Elementen der Uranusbahn nämlich:

Halbe grosse Axe	19.182729	
Excentricität	0.0466794	
für den Anfang d. J. 1800, mittl. Länge	173° 30′ 16″.0	Mittl.
Länge des Perihels . . .	167 30 24.0	Aequinoct.
Länge des aufst. Knotens .	72 59 21.0	1800.0
Neigung	0 46 28.4	

die heliocentrischen Orte des Uranus angenommen, daran die Störungen, so wie sie in der ersten Abtheilung gefunden worden waren, angebracht daraus die geocentrischen Orte berechnet, und diese mit den beobachteten Orten verglichen. Ist Uranus keiner andern Einwirkung ausgesetzt, als der Anziehung der Sonne und der innerhalb seiner Bahn eingeschlossenen Planeten (von welchen allein die Anziehung Jupiters und Saturns noch merklich ist), so können die Unterschiede, die sich bei Vergleichung der eben berechneten geocentrischen Orte mit den beobachteten herausstellen, nur von der Unrichtigkeit der zu Grunde gelegten Elemente der Uranusbahn herrühren, und diese Abweichungen werden gerade ein gutes Mittel an die Hand geben, die genannten Elemente gehörig zu verbessern. Ist aber Uranus noch einer anderen Kraft unterworfen, die seine Bewegung modificirt, so wird man durch eine blosse Verbesserung der elliptischen Elemente seiner Bahn nicht im Stande sein, eine vollkommene Uebereinstimmung der Rechnung und Beobachtung herzustellen. Le Verrier versuchte also vor allem, neue elliptische Elemente abzuleiten, aber er fand dieselben Schwierigkeiten wie seine Vorgänger, die beiden Bouvard. Selbst nach der sorgfältigsten und umfassendsten Correction der Elemente blieben Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung übrig, die bis auf 20 Sekunden stiegen, und in ihrem Gange ein zu bestimmtes Gesetz befolgten, um sie als bloss zufällige Fehler der Beobachtungen gelten zu lassen. Und, was wohl zu berücksichtigen, er hatte bei dieser Verbesserung der Elemente die älteren Beobachtungen vor 1781 noch gänzlich ausgeschlossen.

Le Verrier zog nun auch diese älteren Beobachtungen mit in Rechnung. Er suchte vier sehr genaue heliocentrische Längen des Uranus zu ermitteln, indem er zur Ableitung jeder einzelnen solchen Länge eine bedeutende Anzahl sehr gut übereinstimmender Beobachtungen verwendete, und berechnete mit diesen vier Längen, welche auf die Zeiten

1715.23
1775.7
1810.7
1845.7

fielen, eine neue Ellipse, welche diese vier Längen vollkommen darstellte. Hierauf verglich er die aus dieser verbesserten Bahn resultirenden Orte

des Uranus mit den sämmtlichen ältern und neueren Beobachtungen, wodurch er folgende ganz enorme Abweichungen fand:

für	1690.98	— 182″.6
	1712.25	+ 21.7
	1715.23	0.0
	1747.7	— 263.3
	1754.7	— 246.3
	1761.7	— 190.3
	1768.7	— 105.6
	1775.7	0.0
	1782.7	+ 100.9
	1789.7	+ 166.3
	1796.7	+ 175.4
	1803.7	+ 109.5
	1810.7	0″.0
	1817.7	— 108.9
	1824.7	— 182.7
	1831.7	— 188.8
	1838.7	— 125.0
	1845.7	0.0

Diese Unterschiede können ihren Grund in den zufälligen Beobachtungsfehlern und in etwaigen Fehlern in den vier Längen haben, aus denen die neuen elliptischen Elemente abgeleitet sind. Aber Le Verrier zeigte, dass selbst wenn man die Beobachtungsfehler viel grösser annehmen wollte, als man sie überhaupt zu Folge der Menge und Uebereinstimmung der Beobachtungen anzunehmen berechtigt ist, meistens kaum der fünfte oder sechste Theil der eben angeführten Abweichungen aus den Beobachtungsfehlern erklärt werden könnte, wenn man auch noch überdiess die an sich höchst unwahrscheinliche Voraussetzung machen wollte, dass die Befreiung der Beobachtungen von ihren zufälligen Fehlern, ohne Ausnahme eine Verminderung der obigen Abweichungen hervorbringe. Diese übrigbleibenden grossen Fehler der Theorie beweisen also unbestreitbar, dass Uranus nebst der Anziehung der Sonne und der innerhalb seiner Bahn befindlichen Planeten noch der Einwirkung einer besonderen Kraft ausgesetzt ist, die seine Bewegung nicht unbeträchtlich modificirt.

In der dritten Abtheilung stellt Le Verrier in Kürze dar, dass die Anomalien, von denen hier die Rede ist, weder durch einen Widerstand des Aethers, noch durch einen grossen Uranussatelliten, noch durch eine Einwirkung der Kometen, noch endlich durch eine etwa in grosser Entfernung von der Sonne eintretende Modifikation des Gravitationsgesetzes genügend erklärt werden können, und geht dann auf die Voraussetzung über, dass vielleicht ein noch unbekannter Planet störend auf die Bewegung des Uranus einwirke. Wo aber ist dieser störende Planet, wenn überhaupt eine solcher existirt? Wollte man ihn im Vorhinein am Himmel aufsuchen, so wäre, wie wir schon oben in dem Briefe Hussey's an Airy gesehen haben, eine sehr langwierige und mühevolle Arbeit durchzuführen. Le Verrier entschloss sich also, den Versuch zu wagen, aus den beobachteten Anomalien der

Uranusbewegung den Ort des unbekannten Planeten so genau, als es eben möglich ist, zu bestimmen. Zwischen Sonne und Saturn kann er sich unmöglich befinden, weil er sonst in der Bewegung des Saturn viel stärkere Störungen hervorbrächte, als die thatsächlichen Anomalien des Uranus, während doch Saturn keine auffallenden Störungen der Art zeigt. Zwischen Saturn und Uranus darf er gleichfalls nicht angenommen werden, man müsste ihn denn viel näher an die Bahn des Uranus versetzen, als an die des Saturn, und überdiess müsste seine Masse sehr klein sein, wenn er ungeachtet seiner Nähe an Uranus, den Beobachtungen gemäss, verhältnissmässig doch nur kleine Störungen in der Bewegung dieses Planeten erzeugen soll. Aber man sieht leicht, dass dann eine störende Kraft nur so lange merklich wäre, als er sich in der Nähe des Uranus befindet, sobald er aber bei ihm vorbeigegangen, und sich von ihm um ein Beträchtliches entfernt hätte, müsste seine Wirkung auf ihn gänzlich aufhören, da eine sehr kleine Masse in einer grossen Entfernung von einem Körper auf diesen keinen fühlbaren Einfluss ausüben kann. Ueberdiess hätte der störende Planet, wenn seine Bahn nahe an der des Uranus angenommen würde, nach dem dritten Kepler'schen Gesetze, eine von Uranus nicht viel verschiedene Umlaufszeit, zu Folge deren eine Annäherung beider Körper während der ganzen Periode, welche sämmtliche Beobachtungen des Uranus umfasst, nur Einmal hätte stattfinden können, was den Beobachtungen ganz entgegen ist, die keineswegs eine Störung von kurzer Dauer, sondern im Gegentheile von sehr langer Periode zu erkennen geben.

Der störende Planet liegt also jenseits der Uranusbahn. Aber auch hier darf seine Bahn nicht in der Nähe der Uranusbahn vorausgesetzt werden, denn dann müsste seine Masse wieder sehr klein sein, und wir würden auf dieselben Schwierigkeiten stossen, wie im vorhergehenden Falle. Also nur weit ausserhalb Uranus können wir hoffen, den unbekannten Körper aufzufinden, dessen Masse zugleich sehr beträchtlich sein wird. Berücksichtigen wir nun die sogenannte Bode'sche Analogie (*II.* §. 70), die sich an den mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne offenbart, und vermöge der die Distanzen der von der Sonne entferntesten Planeten immer ungefähr um das Doppelte wachsen, so wäre es sehr natürlich, zu vermuthen, dass der neue Körper beiläufig zweimal so weit von der Sonne abstehe als Uranus. Was so bloss als Vermuthung erscheint, wird durch die folgende Betrachtung fast zur Gewissheit. Es würde nämlich oben erwähnt, dass man den neuen Körper ausserhalb Uranus, aber nicht zu nahe an diesen Planeten annehmen dürfe. Aber es geht eben so wenig an, ihn in eine sehr grosse Entfernung zu versetzen, wie etwa in die dreifache Entfernung des Uranus von der Sonne. Denn man müsste unter dieser Voraussetzung seine Masse ausserordentlich gross annehmen, um auf Uranus noch so bedeutende Wirkungen hervorzubringen; das Verhältniss der Entfernungen, in welchen er sich dann zugleich von Saturn und Uranus befände, würde seine Aktion auf beide als unter sich vergleichbare Grössen herausstellen, und es wäre nicht mehr möglich, die Störungen des Uranus zu erklären, ohne beträchtliche Störungen des Saturn vorauszusetzen, von welch' letzteren aber die Beobachtungen auch nicht die geringste Spur zeigen. Wir können also füglich anneh-

men, dass die Bahn des Körpers um die Sonne beiläufig einen doppelt so grossen Halbmesser haben werde, als die des Uranus.

Erinnert man sich überdiess, dass die Bahnen des Jupiter, Saturn und Uranus sehr wenig gegen die Ekliptik geneigt sind, so wird man wohl für eine erste Näherung annehmen können, dass dasselbe auch beim neuen Planeten der Fall sei, was durch die Beobachtungen der Breite des Uranus bestätiget wird, indem diese ausser den Breitestörungen durch Jupiter und Saturn keine andern Perturbationen erkennen lassen. Diess berücksichtigend legte sich also Le Verrier die folgenden Fragen zur Beantwortung vor: Sind die Störungen des Uranus von der Art, dass sie der anziehenden Wirkung eines Planeten zugeschrieben werden können, der sich in der Ekliptik befindet, und dessen mittlere Distanz von der Sonne gleich ist der doppelten mittleren Distanz des Uranus? Wenn diess möglich ist, in welchem Punkte der Ekliptik ist derselbe? Wie gross ist seine Masse? Welches sind die Elemente seiner Bahn?

Die Möglichkeit der Beantwortung dieser Fragen unterliegt keinem Zweifel. Denn da durch die Elemente eines Planeten die Störungen bestimmt werden, so muss es auch möglich sein, aus den Störungen, die der unbekannte Planet auf Uranus ausübt, auf die Bahn desselben zurückzuschliessen. Nur wird die Auflösung eine höchst komplicirte und weitläufige Rechnung erfordern; denn da beide Bahnen, die des Uranus und des neuen Planeten, so von einander abhängen, dass die Elemente der letzteren all in nicht genau gefunden werden können, ohne zugleich die Elemente der Uranusbahn zu korrigiren, so wird man aus den Abweichungen der beobachteten und berechneten Positionen des Uranus, unter Voraussetzung, dass der neue Planet in der Ekliptik liegt, zehn Elemente und seine Masse, also im Ganzen elf Unbekannte zu bestimmen haben. Abgesehen aber von dieser Weitläufigkeit stellt sich die Auflösung als eine ganz gut zu leistende dar.

Le Verrier entwickelt nun in der dritten Abtheilung seines Werkes die strengen Formeln, nach denen diese Auflösung durchzuführen wäre, und sucht durch successive Annäherung daraus die Unbekannten zu ermitteln. Es zeigt sich dabei zuerst ganz entschieden, dass es nur eine einzige Gegend in der Ekliptik gibt, wohin man den störenden Planeten versetzen kann, und dass die mittlere Länge desselben am 1. Januar 1800 zwischen 243° und 252° gewesen sein müsse. Durch weitere Näherung findet Le Verrier die heliocentrische Länge des Planeten für den 1. Januar 1847 gleich 325°. Dieses Resultat theilte er am 1. Juni 1846 der Pariser Akademie mit, und gründete darauf mit Recht die Hoffnung, dass, wenn ein blosser Zufall die Entdeckung des Uranus herbeiführte, man sicher auch diesen neuen, noch unbekannten Körper finden werde, nachdem seine Position doch schon mit solcher Näherung im Voraus angezeigt ist.

In der vierten Abtheilung gibt Le Verrier endlich die ganz genaue Bestimmung der Bahn des störenden Planeten und seine gegenwärtige Position, so weit sie aus der Gesammtheit der Uranus-Beobachtungen ermittelt werden können. Er findet aus ungefähr 300 Beobachtungen für die wahrscheinlichsten Elemente der Bahn folgendende Werthe:

1. Januar 1847.	Mittlere Länge . .	318° 47′ 4″
—	Länge des Perihels .	284 45 8
—	Halbe grosse Axe .	36.1539
—	Excentricität . . .	0.10761
—	Umlaufszeit . . .	217.387 Jahre
—	Masse	$^1/_{9322}$ der Sonnenmasse.

Ein günstiger Erfolg der vorhergehenden Untersuchungen hing nun hauptsächlich von dem Grade der Sichtbarkeit des neuen Planeten ab. Man weiss aber, dass der Durchmesser des Uranus, dessen Entfernung von uns beiläufig das 19fache der Distanz der Erde von der Sonne beträgt, unter einem Winkel von 4″ erscheint. Die Masse des Uranus ist ferner $2^1/_2$mal geringer als die des neuen Planeten. Wäre nun das Verhältniss der Dichte beider Körper bekannt, so wäre man im Stande, den scheinbaren Durchmesser des neuen Planeten zu finden. Im Allgemeinen nehmen die Dichten der Planeten ab, je weiter diese von der Sonne abstehen; nehmen wir aber an, dass die Dichte des neuen Körpers gleich sei der Dichte des Uranus, eine für die scheinbare Grösse jenes Körpers sehr ungünstige Voraussetzung, so folgt daraus der scheinbare Durchmesser des neuen Planeten zur Zeit der Opposition = 3″.3. Ein so bedeutender Winkel lässt sich durch ein starkes Fernrohr sehr gut wahrnehmen, wenn anders die Helligkeit des Planeten hinreichend gross ist. Setzt man nun das Reflexionsvermögen der Oberfläche desselben gleich dem der Oberfläche des Uranus voraus, so findet man seine Helligkeit in der Opposition ungefähr gleich $^1/_3$ der Helligkeit des Uranus. Le Verrier bemerkt nach dieser, später von Stampfer zur Grössenschätzung der Asteroiden (*II.* §. 74) benützten, Auseinandersetzung ausdrücklich: „*Ces conditions physiques me semblent promettre, que non seulement on pourra apercevoir la nouvelle planète dans les bonnes lunettes, mais encore qu'on distinguera l'amplitude de son disque, que son apparence ne sera pas réduite à celle d'une étoile. C'est un point fort important. Si l'astre, qu'il s'agit de découvrir, peut être confondu, pour l'aspect, avec les étoiles, il faudra pour le reconnaître, observer toutes les petites étoiles situées dans la région du ciel, qu'on doit explorer, et constater dans l'une d'entre elles un mouvement propre. Ce travail pourra être long et pénible. Mais si, au contraire, le disque de l'astre a une amplitude sensible, qui ne permette pas de le confondre avec ceux des étoiles, si l'on peut substituer, à la détermination rigoureuse de la position de tous les points lumineux, une simple étude de leur apparence physique, les recherches marcheront alors rapidement.*“ Man sieht daraus, mit welcher Vorsorge Le Verrier jeden Umstand berücksichtigte, der das Auffinden des neuen Körpers erleichtern konnte.

Die Vergleichung der nach der neuen Theorie berechneten Orte des Uranus mit den Beobachtungen zeigt folgende schöne Uebereinstimmung:

Abweichung der berechneten Längen von den beobachteten.

1781—1782	+ 2″.3	1793—1794	— 0″.5
1783—1784	+ 0.1	1795—1797	— 1.0
1785—1788	— 1.2	1797—1801	+ 0.9
1789—1790	— 3.4	1802—1804	+ 0.8
1791—1792	+ 0.3	1804—1806	+ 0.8

1807—1808	+ 2″.1	1828—1830	— 2″.2
1808—1810	+ 0.8	1835	— 0.8
1811—1813	— 0.5	1835—1836	+ 2.3
1813—1815	— 0.9	1837—1838	+ 2.5
1816—1817	+ 0.4	1839—1840	+ 2.2
1818—1820	+ 0.4	1841—1842	— 0.2
1821—1823	+ 0.9	1842—1844	— 0.4
1824—1827	— 5.4	1844—1845	— 0.3

Die neuern Beobachtungen sind also durchweg sehr gut dargestellt. Dasselbe gilt aber auch von den 19 ältern Beobachtungen, wenn man berücksichtigt, dass dabei, namentlich vor Bradley, keine so scharfe Uebereinstimmung verlangt werden kann. Man findet für diese Beachtungen:

1690. Eine einzige Beobachtung von Flamsteed . . .	— 19″.9
1712 und 1715. Vier unter sich übereinstimmende Beobachtungen von Flamsteed	+ 5.5
1750. Zwei Beobachtungen von Lemonnier	— 7.4
1753 und 1756. Zwei sehr genaue Beobachtungen von Mayer und Bradley	— 4.0
1764. Eine Beobachtung von Lemonnier	+ 4.9
1768 und 1769. Acht Beobachtungen von Lemonnier .	+ 3.7

Diese Zusammenstellung zeigt nur bei der ältesten Beobachtung von Flamsteed, für deren Genauigkeit man eben keine grosse Garantie hatte, eine bedeutende Abweichung; alle übrigen, insbesondere solche, deren Richtigkeit durch andere, gleichzeitige oder nahe liegende bestätigt wird, sind mit der Theorie in vollständige Uebereinstimmung gebracht. Auffallend ist dabei, dass Lemonnier den Planeten nicht als solchen erkannte, und ihn vom 15. bis 23. Januar 1769 sechsmal beobachtete, ohne durch die Bewegung des Gestirns auf seine eigentliche Natur aufmerksam zu werden.

Den Schluss der vierten Abtheilung bildet eine sehr scharfsinnige Prüfung der Grenzen, innerhalb welcher die Elemente des störenden Planeten aller Wahrscheinlichkeit nach enthalten sein dürften; und Le Verrier findet, indem er auf die relative Unsicherheit der Beobachtungen in den verschiedenen Epochen Rücksicht nimmt, folgende Grenzwerthe für die Elemente:

Mittlere Länge am 1. Januar 1847	zwischen	310°.5	und	335°.6
Halbe grosse Axe	»	35.04	»	37.90
Umlaufszeit	»	207	»	233 Jahre.
Länge des Perihels	»	229°.9	»	366°.4
Excentricität	»	0.0592	»	0.2035
Masse	»	1/4700	»	1/4500

In der fünften und letzten Abtheilung beschäftigt sich Le Verrier noch mit der Untersuchung, ob es nicht möglich sei, aus den Beobachtungen des Uranus die Position der Bahn des störenden Planeten zu finden, d. h. ihre Neigung gegen die Ekliptik und die Länge des aufsteigenden Knotens. Bewegt sich nämlich der störende Körper nicht genau in der Uranusbahn, so wird er nicht bloss die Länge des Uranus in seiner Bahn verändern, sondern auch merkliche Störungen in der

Breite des letztern veranlassen, die desto grösser sein werden, je mehr die Bahn des störenden Körpers gegen die Uranusbahn geneigt ist. Aber wir haben schon oben erwähnt, dass ausser den durch die Wirkung des Jupiters und Saturns erklärbaren Breitenstörungen nur ganz unbedeutende Anomalien wahrzunehmen sind, die denn auch nicht mit grosser Sicherheit auf die zu suchenden Elemente schliessen lassen können. Jedenfalls geht aber doch daraus hervor, dass die Neigung der Bahn des störenden Körpers gegen die Uranusbahn, und folglich auch gegen die Ekliptik eine sehr geringe sein müsse. Le Verrier findet dafür beiläufig 4 bis 6 Grade.

Hiermit war nun so ziemlich alles erschöpft, was sich aus den an Uranus beobachteten Unregelmässigkeiten bezüglich des unbekannten Planeten im Vorhinein sagen lässt. Es war seine Position, seine beiläufige Bahn, ein genäherter Werth seines Durchmessers und seiner Helligkeit u. s. w., kurz so viel gegeben, dass man hoffen konnte, ihn mittelst dieser Daten am Himmel ohne Schwierigkeit zu erkennen. Mit vollem Rechte bemerkt Lindenau über Le Verrier's Arbeit: »Das Studium derselben gewährt ein eigenthümliches Interesse durch die in ihr liegende Vereinigung jugendlichen Muthes und gereiften Wissens; denn ein Wagniss war es, aus den (geocentrisch) nicht über 20 Sekunden betragenden Abweichungen der Uranustheorie das Vorhandensein eines unbekannten, Hunderte von Millionen Meilen entfernten Himmelskörpers mit Entschiedenheit behaupten, und dessen Elemente und Dimensionen aus beider Wechselwirkung bestimmen zu wollen.«

§. 86. **(Auffindung des neuen Planeten. Bestätigung der Rechnung Le Verrier's).** Aber um so schöner war der Lohn dieser mühevollen Arbeit. Am 23. Sept. 1846 erhielt *Dr.* Galle, damals in Berlin, einen Brief von Le Verrier, worin dieser die letzten Resultate seiner Rechnung und die wahrscheinlichste Position des unbekannten Planeten angibt, und noch in derselben Nacht gelang Galle die Auffindung desselben. Er fand nahe an dem vorausberechneten Orte einen schönen Stern achter Grösse, welcher auf der von *Dr.* Bremiker gezeichneten akademischen Sternkarte, die diesen Theil des Himmels umfasst, nicht anzutreffen war, und sich am nächsten Abende durch seine den Tag über gemachte Bewegung unter den Fixsternen als der neue Planet zu erkennen gab. Die Abweichung des wirklichen Ortes vom berechneten betrug kaum einen Grad. In der ersten Mittheilung an Schumacher über die Entdeckung bemerkt Encke: »Der Planet scheint sehr wenig schwächer, als der ihm nahe stehende Stern aus *Piazzi Hora XXI*, 344, also gut achter Grösse. Wir erkannten im grossen Fraunhoferschen Refraktor (der Berliner Sternwarte) eine Scheibe, deren Grösse mit hellen Fäden und 320maliger Vergrösserung ich 2″.9, Galle 2″.7 fand. Als wir nachher helles Feld nahmen, mass ich den Planeten 3″.2, Galle beträchtlich kleiner, 2″.2. Doch war jetzt die Luft schon weit ungünstiger geworden, so dass den ersten Messungen mehr zu vertrauen ist. Ich glaube, der Durchmesser wird wohl 2″.5 oder etwas mehr, doch nicht 3″ betragen. Auch hierin hat sich die Vermuthung des Herrn Le Verrier, der 3″.3 annimmt, völlig bestätigt. Es wäre überflüssig, noch etwas hinzuzusetzen. Es ist diess die glänzendste unter allen Planetenentdeckungen, weil reintheoretische Untersuchungen Le Verrier die Existenz und den Ort des neuen Planeten haben voraussagen lassen. Erlauben Sie mir nur hinzuzufügen,

dass die Auffindung so schnell bloss durch die vortreffliche akademische Sternkarte von Bremiker möglich war. Eine Scheibe lässt sich erst erkennen, wenn man weiss, dass es so ist.«

Wenige Monate darauf fanden gleichzeitig Petersen in Hamburg und Walker in Washington, dass Neptun im J. 1795 von Lalande als Fixstern beobachtet wurde, eine für die Bestimmung der Elemente des neuen Planeten sehr wichtige Bereicherung. Später wies Mauvais aus den handschriftlichen Originalen der *Histoire Céleste* nach, dass Lalande sogar an zwei Abenden (8. und 10. Mai) des genannten Jahres, den Planeten beobachtet, aber durch die Bewegung desselben irregeführt bei der Publikation eine dieser Positionen als fehlerhaft weggelassen hatte.

§. 87. (Name des neuen Planeten.) Nachdem nun der Planet entdeckt war, sollte er denn auch, nach der Gewohnheit der Astronomen, einen passenden Namen bekommen. Galle weist in dem Briefe, den er am 25. September an Le Verrier schrieb, auf den Namen Janus hin. Le Verrier aber lehnt diesen Vorschlag in seiner Antwort vom 1. Okt. ab, indem er bemerkt: »*Le nom de Janus indiquerait, que cette planète est la dernière du système solaire, ce qu'il n'y a aucune raison de croire* . .«, und erwähnt hierauf den vom *Bureau des Longitudes* gefassten Beschluss, den neuen Planeten »Neptun« zu nennen, und für dessen Zeichen einen Dreizack (♆) anzunehmen. In einem späteren Briefe (vom 6. Oktober) jedoch sagt er, dass er die Entscheidung über die Benennung des Planeten Arago überlassen habe, und fügt noch hinzu: » . . . *j'ai été un peu confus de la décision, qu'il* (Arago nämlich) *a prise dans le sein da l'Académie* . . .« Welcher Art diese Entscheidung gewesen sei, ersieht man aus den *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* vom 5. Oktober 1846, wo es heisst: „*M. Arago a annoncé à l'Académie, qu'ayant reçu de Mr. Le Verrier une délégation très flatteuse, le droit de nommer la nouvelle planète, il s'est décidé, à la désigner par le nom de celui, qui l'a si savamment découverte, à l'appeler Le Verrier.* Die Astronomen schienen anfangs unentschieden darüber zu sein, welcher Name als der passendste beizubehalten sei, und die in ihrer Art einzige Entdeckung mochte wohl viele von ihnen bestimmen, den Namen Le Verrier jeder andern, mythologischen Benennung vorzuziehen. Indessen entschied sich doch später die ganze astronomische Welt für den vom *Bureau des Longitudes* vorgeschlagenen Namen Neptun. So z. B. erwähnt Gauss in einem Schreiben (vom 5. Oktober 1846): »den von Le Verrier gewählten Namen Neptun finde ich vollkommen schicklich; als Zeichen könnte man vielleicht einen Dreizack wählen, wenn es nicht unpassend wäre, dem Urheber irgendwie vorzugreifen.« — Eben so bemerkt Encke in einem in der Akademie der Wissenschaften zu Berlin gehaltenen Vortrage: »Ich werde, gestützt auf die hohen Autoritäten des *Bureau des Longitudes* und des geh. Hofraths Gauss für die nächsten Jahre (im Berliner Jahrbuche) den Namen Neptun und das Zeichen des Dreizacks beibehalten, so lange bis die öffentliche Meinung in Deutschland sich hinlänglich konsolidirt, um eine definitive Benennung festzustellen.« Auch J. Herschel und Struve erklärten sich für Beibehaltung des Namens Neptun, und da selbst das *Bureau des Longitudes* fortfuhr, den neuen Planeten unter diesem Namen aufzu-

führen, und alle übrigen französischen Astronomen dasselbe thaten, so war eine Aenderung des Namens nicht mehr zu erwarten.

§. 88. (Adam's Arbeiten über die Uranustheorie.) Kaum hatte sich die Nachricht von der wirklichen Auffindung des neuen Planeten durch *Dr.* Galle in England verbreitet, als einige der ausgezeichnetsten Astronomen: Airy, Challis, J. Herschel, die Behauptung erhoben, dass ein junger englischer Mathematiker, Adams in Cambridge, die Bearbeitung der Uranustheorie noch vor Le Verrier unternommen und auch vollendet habe; ja es wurde sogar die Auffindung des Planeten am Himmel dem oben genannten Berliner Astronomen streitig gemacht, indem Challis in Cambridge diese Entdeckung schon früher gelungen sein sollte. Der hierüber entstandene Streit wurde englischerseits von Airy, Challis, Herschel zu Gunsten von Adams geführt, während sich auf französischer Seite Arago und Le Verrier ernstlich daran betheiligten. Wir wollen diese interessante Polemik wenigstens in den Hauptmomenten verfolgen; insbesondere weil es von Wichtigkeit ist, den Antheil von Adams an der Entdeckung Neptuns, so wie dessen ganze Arbeit kennen zu lernen, und sie mit Le Verrier's Leistung zu vergleichen.

Dass sich Adams schon im Jahre 1844 mit der Theorie des Uranus beschäftigte, erhellet aus einem Briefe Challis' an Airy vom 13. Februar 1844, in welchem Challis erwähnt, dass einer seiner jungen Freunde, Mr. Adams, aus St. John's College mit der Theorie des Uranus sich beschäftigt, und die Tafelfehler in geocentrischer Länge in der Nähe der Opposition für 1818—1826 aus den Greenwicher Beobachtungen zu erhalten wünsche. Zugleich fragt Challis für Adams an, ob ausser der Masse Jupiters sich in den Grundlagen für Bouvard's Tafeln des Uranus irgend etwas geändert habe. Airy beantwortete diesen Brief am 15. Februar 1844 mit Uebersendung der vollständigen Reduktionen aller Beobachtungen in Länge sowohl als in Breite von 1754—1830, und den nöthigen Nachweisungen bezüglich der zweiten Frage. In Challis' Antwort vom 16. Februar 1844 meint dieser, dass Adams nun mit den Mitteln versehen sei, um die Untersuchung, mit der er eben beschäftigt, auf die wirksamste Weise durchzuführen.

Ein Jahr und einige Monate später überbrachte Adams persönlich einen von Challis an Airy geschriebenen Empfehlungsbrief (geschr. am 22. September 1845) folgenden Inhaltes: »Mein Freund Adams, der Ihnen diese Zeilen einhändigen wird, hat seine Rechnungen über die Störungen des Uranus durch einen supponirten weiteren Planeten beendet, und Resultate gefunden, die er Ihnen gern persönlich mittheilen wollte. Seine Rechnungen gründen sich auf die Beobachtungen, welche Sie so gütig waren, ihm vor einiger Zeit mitzutheilen. Seine mathematischen Kenntnisse und seine Fertigkeit im Rechnen geben mir Vertrauen in seine erhaltenen Resultate.« Adams traf Airy nicht zu Hause, da dieser sich eben in Paris aufhielt. In den letzten Tagen des Oktobers 1845 kam Adams zum zweitenmal nach Greenwich, und liess, da er Airy wieder nicht antraf, folgendes Schreiben auf der Sternwarte zurück: »Nach meinen Rechnungen können die bekannten Unregelmässigkeiten in der Bewegung des Uranus durch die Annahme eines äussern Planeten mit nachstehenden Elementen erklärt werden:

Mittlere Distanz (nahezu nach Bode's Reihe angenommen)	38″.4
Mittlere Länge am 1. Oktober 1845 . .	323° 34′
Mittlere jährliche Bewegung	1° 30′ 9″
Länge des Perihels	315° 55′
Excentricität	0.1610
Masse	1/6039 der Sonnenmasse.

Für die neueren Beobachtungen habe ich mich der Methode der Normalorte bedient, und die Greenwicher Beobachtungen bis 1830 benützt, von dieser Zeit ab Greenwicher und Cambridger, so wie die in den »Astronomischen Nachrichten« gegebenen Positionen. In mittlerer Länge bleiben folgende Fehler übrig:

	Fehler in Länge.		Fehler in Länge.
1780	+ 0″.3	1813	— 0″.9
1783	— 0.2	1816	— 0.3
1786	— 1.0	1819	— 2.0
1789	+ 1.8	1822	+ 0.3
1792	— 0.9	1825	+ 1.9
1795	+ 0.1	1828	+ 2.2
1798	— 1.0	1831	— 1.1
1801	— 0.1	1834	— 1.4
1804	+ 1.8	1837	— 1.6
1807	— 0.2	1840	+ 1.7
1810	+ 0.6		

Für die älteren Beobachtungen ergeben sich nachstehende Fehler:

1690	+ 44″.4	1756	— 4″.6
1712	+ 6.7	1763	— 5.1
1715	— 6.8	1769	+ 0.6
1750	— 1.6	1771	+ 11.8
1753	+ 5.7		

Diese Fehler sind klein, mit Ausnahme der Flamsteed'schen Beobachtung von 1690. Da diese Beobachtung ganz isolirt ist, und von den übrigen sehr weit absteht, so glaubte ich am besten zu thun, sie bei der Bildung der Bedingungsgleichungen unberücksichtigt zu lassen. Indessen dürfte eine kleine Aenderung der mittleren Bewegung auch diese Abweichung verschwinden machen.«

Airy beantwortete diese Note am 5. November, und erklärt die angegebenen Zahlen für sehr befriedigend, legt auf Flamsteed's Beobachtung ebenfalls wenig Gewicht, verlangt aber zu wissen, ob auch der Fehler im Radius Vector von Uranus sich auf diese Weise darstellen lässt. Airy wartete, wie er selbst später gesteht, mit grosser Spannung auf Adams' Antwort. Wäre diese bestätigend ausgefallen, so hätte er sofort mittelbar oder unmittelbar für die Bekanntmachung der Adams'schen Arbeit Sorge getragen. Aus ihm unbekannter, wahrscheinlich zufälliger Ursache war diese Antwort nicht erfolgt, was er in mehrfacher Rücksicht tief bedauere.

Bald darauf erschien die erste und zweite Abtheilung von Le Verrier's Arbeit, deren Inhalt wir oben im Auszuge mitgetheilt haben. Airy fühlte sich sehr erfreut und befriedigt durch die Uebereinstimmung

von Le Verrier's Resultaten mit denen von Adams, die er schon vor sieben Monaten erhalten hatte. Der Ort, der dem neuen Planeten von beiden Rechnern angewiesen wurde, stimmte auf etwa einen Grad. Bis dahin hatte Airy Zweifeln über die Richtigkeit von Adams' Arbeit Raum gegeben, denn Resultate algebraischer und numerischer Rechnungen von solcher Ausdehnung, wie die eines umgekehrten Störungsproblemes, sind zu vielen Gefahren des Irrens ausgesetzt. Nun erst fasste er Vertrauen zu beider Geometer Arbeit, richtete aber sofort auch an Le Verrier die Frage, ob er die Fehler im Radius Vector für eine Wirkung des neuen Planeten hielte. Bevor noch Le Verrier's Antwort anlangen konnte, äusserte sich Airy vor einer Commission auf der Greenwicher Sternwarte, welcher auch Herschel und Challis beiwohnten, so entschieden, dass aus den übereinstimmenden Arbeiten Le Verrier's und Adams' mit grosser Wahrscheinlichkeit die Entdeckung eines neuen Planeten zu erwarten stehe, dass Challis dadurch angeregt wurde, die Aufsuchung jenes Planeten selbst zu unternehmen.

Le Verrier's Antwort auf den oben erwähnten Brief lautete: ». . . . die Vergleichung der Positionen des Uranus, so wie sie in den letzten Jahren beobachtet wurden, zeigt, dass der Radius Vector des Planeten, wie er aus den gebräuchlichen Tafeln folgt, in der That sehr ungenau ist. Diess ist in meiner neuen Bahn nicht mehr der Fall, wo weder in den Quadraturen noch in den Oppositionen eine Abweichung zu bemerken ist. Der Radius Vector in meiner Bahn ist also richtig; und wenn ich nicht irre, so wünschte Herr Airy zu wissen, welcher Natur die Korrektion ist, die ich an die alten Tafeln angebracht habe?

Ihre Ansicht, dass diese Korrektion nicht die Störung des Radius Vector durch den neuen Planeten allein sein kann, ist vollkommen richtig. Um sich hiervon Rechenschaft zu geben, muss man bedenken, dass die Bahn des Uranus von Bouvard aus Positionen des Planeten berechnet wurde, welche nicht genau elliptische waren, weil man noch nicht auf die Störungen des unbekannten Planeten Rücksicht nehmen konnte. Dieser Umstand musste nothwendig die aus diesen Positionen abgeleiteten Elemente unrichtig finden lassen, und eben in dem Fehler der Excentricität und der Länge des Perihels liegt der Grund der Abweichungen des Radius Vector der Tafeln.

Es geht aus meiner Theorie hervor, dass die Excentricität, so wie sie Bouvard gegeben, vermehrt werden muss, und dasselbe gilt auch von der Länge des Perihels; zwei Ursachen, welche bei der gegenwärtigen Stellung des Planeten in seiner Bahn zusammenwirken, den Radius Vector zu vergrössern. Ohne in eine genaue Angabe dieser Aenderungen hier einzugehen, beschränke ich mich bloss auf die Bemerkung, dass die Position des Planeten in der Quadratur 1844, so wie sie aus den beiden zunächst liegenden Oppositionen nach meinen Formeln abgeleitet wurde, von der beobachteten sich nur um 0''.6 unterscheidet, ein Beweis, dass der Fehler im Radius Vector gänzlich verschwunden ist«

Airy bemerkt über diese Antwort: »Man kann dieses Schreiben nicht lesen, ohne sich überrascht zu fühlen von der Klarheit der Auseinandersetzung, von der Einsicht des Schreibers nicht nur in die Theorie der Störungen, sondern auch in die Ableitungsmethoden der Bahnen aus Beobachtungen, und von seiner festen Ueberzeugung, dass auf diesem

Wege allein sämmtliche Erscheinungen der Planetenbewegung sich erklären lassen. Ich hegte nun nicht den geringsten Zweifel über die Statthaftigkeit der Voraussage. Meine bevorstehende Abreise nach dem Kontinente machte es unnöthig, Le Verrier um Mittheilung der von ihm versprochenen weiteren Nachweise schriftlich zu ersuchen; die fernere Korrespondenz aber zeigt, welchen tiefen Eindruck seine Bemerkungen auf mich gemacht.«

Am 9. Juli 1846 schrieb Airy an Challis, dass er aus mehreren Gründen, worunter die vermeintliche Lichtschwäche des Objektes, nur dann Hoffnung auf Erfolg einer Durchforschung des Himmels nach dem neuen Planeten setze, wenn das grosse Northumberland-Teleskop dazu verwendet würde, und erbot sich, ihm einen Assistenten zu diesem Behufe zur Verfügung zu stellen. Am 13. Juli schickte Airy dem Prof. Challis Bemerkungen über die Durchsuchung des Himmels nach dem vermutheten Planeten, und forderte von Neuem dringend zu dieser Arbeit auf. Der Theil des Himmels, den Airy zu durchsuchen für nöthig fand, war 30° lang, 10° breit, und lag in der Richtung der Ekliptik. Challis antwortete am 18. Juli, und erklärte, selbst der Arbeit sich unterziehen zu wollen. Sein Plan war von dem Airy's etwas abweichend, und bewährte sich auch als der bessere. Challis begann die Durchsuchung am 29. Juli. Am 2. September schrieb er an Airy, dass er der Sicherheit halber alle Sterne bis zur 10.—11. Grösse in seine Arbeit einschliesse, und desshalb weit über das gegenwärtige Jahr (1846) damit beschäftigt sein werde. Denselben Tag erhielt Airy auch einen Brief von Adams, worin dieser bemerkt, dass er der Anfangs nach Bode's Gesetz nothgedrungen angenommenen mittleren Distanz einen um $^1/_{30}$ ihres früheren Betrages kleineren Werth gegeben, und damit eine grössere Uebereinstimmung mit den Beobachtungen erzielt habe. Er meint, durch weitere Verminderung der mittleren Distanz könne diese Uebereinstimmung noch vermehrt, so wie andererseits die Anfangs erhaltene unwahrscheinlich grosse Excentricität auf einen sehr kleinen Werth herabgebracht werden. Masse und Elemente des neuen Planeten hatte er nun so gefunden:

Mittlere Länge am 1. Oktober 1846	323° 2′
Länge des Perihels	299°
Excentricität	0.12062
Masse	$^1/_{6665}$ der Sonnenmasse.

Adams setzt noch bei, dass die Abweichungen nach beiden Hypothesen schon bis zum Jahre 1843 bedeutend im Zunehmen begriffen seien, und wünscht desshalb noch neuere Beobachtungen des Uranus Von Flamsteed's erster Beobachtung im Jahre 1690 sagt er wieder, dass sie sich nicht fügen wolle, und schliesst sein Schreiben mit der Bemerkung, dass er beschäftigt sei, die Fehler in der Breite des Uranus zu untersuchen, mit der Absicht, einen Näherungswerth für die Neigung und die Lage des Knotens der neuen Planetenbahn zu erhalten. Die Neigung scheine ihm vorläufig bedeutend gross, die Länge des aufsteigenden Knotens bei 300°. Uebrigens wolle er bald einen kurzen Bericht der *British Association* übersenden.

Aber indessen hielt Le Verrier seine letzten Vorträge (am 31. Aug. und 5. Okt.) in der Pariser Akademie, und überflügelte so Adams, der noch immer mit der Bekanntmachung seiner Arbeit säumte.

Arago erhob sich gewaltig gegen die englischen Astronomen, welche Adams das Verdienst einer früheren Bearbeitung der Uranustheorie vindiciren wollten, und er macht mit Recht auf das Misstrauen Airy's gegen Adams' Rechnungen so wie auf den Umstand aufmerksam, dass in England auch nicht der mindeste Versuch gemacht wurde, den neuen Planeten am Himmel aufzufinden, bevor Le Verrier's Resultate bekannt waren. Doch geht er jedenfalls zu weit, wenn er sagt, dass Adams in der Geschichte der Astronomie nicht einmal eine Erwähnung verdiene; denn unbestreitbar hat Adams wenigstens das Verdienst einer mit Le Verrier fast gleichzeitigen und von ihm gänzlich unabhängigen Bearbeitung desselben Gegenstandes. Aber zieht man die geistige Selbstständigkeit Le Verrier's, seine Umsicht, das stets klare Ueberschauen der ganzen Arbeit, kurz seine wissenschaftliche, in jeder Beziehung hervortretende Ueberlegenheit über seinen Rivalen in Betracht, so kann man wohl keinen Augenblick anstehen, ihm die Palme zuzuerkennen. Uebrigens ist die Entdeckung Neptuns, in ähnlicher Weise wie die Auffindung des Gravitations-Gesetzes (§. 11) im Grunde ein Eigenthum des ganzen Zeitalters, und Le Verrier nur gleichsam der nothgedrungene Träger des Ausdrucks dieses Zeitalters; seine Befähigung zwang ihn, diesen Beruf zu übernehmen. Wenn jedoch von Einzelnen die Rede sein soll, so ist er so sehr im Vortheil, dass er auch dann, wenn Adams glücklicher gewesen und ihm thatsächlich den Rang abgewonnen hätte, noch für den eigentlichen Entdecker gelten müsste.

§. 89. (Elemente der Neptunsbahn. Satellit des Neptun.) Den bisherigen Bahnbestimmungen *a priori* folgten nun bald eigentliche Berechnungen aus den vorhandenen älteren (§. 87) und neuesten Beobachtungen. Das erste genaue Elementensystem wurde von Walker in Washington wie folgt bestimmt:

Länge des Perihels	47° 14′ 37″.3	Mittleres
Länge des Knotens	130 6 51.6	Aequinoktium
Mittlere Länge am 1. Januar 1847	328 32 44.2	1850.0
Neigung der Bahn	1 46 58.5	
Excentricität	0,00871946	
Mittlere tägliche Bewegung . . .	21″.55448	
Mittlere Entfernung von der Sonne	30.036 Halbm. der Erdbahn.	

Damit stellte sich auch Flamsteed's erste Position des Uranus überraschend gut dar. Zugleich aber fiel der bedeutende Unterschied der nun gefundenen wirklichen Elemente und namentlich der mittleren Entfernung Neptun's (30 Erdbahnhalbmesser) von der hypothetischen (36) auf, welche zu dessen Entdeckung geführt hatte, nicht etwa wegen der Abweichung von der Bode'schen Reihe (*II.* §. 70), die man nicht als ein eigentliches Naturgesetz betrachten kann, sondern wegen des Einflusses, den solche Aenderung eines der wichtigsten Elemente auf andere bisherige Annahmen erwarten liess. So musste z. B. die Masse Neptun's sich in Wirklichkeit viel kleiner zeigen, wenn Neptun so viel näher an Uranus stand, als man einstweilen vorausgesetzt hatte. In der That fand der nordamerikanische Geometer Peirce nach einer mühsamen Untersuchung, dass diese Masse etwa nur $^1/_{20000}$ der Sonnenmasse betrage, während aus Le Verrier's Rechnungen $^1/_{9000}$ also mehr als das Doppelte gefolgt war. Sehr bald nach der Auffindung Neptun's entdeckte Lassell in Liverpool einen Satelliten dieses Planeten, der dann

von ihm, Challis, O. Struve und G. P. Bond so vollständig beobachtet wurde, dass seine Elemente schon mit ziemlicher Sicherheit festzustellen waren. Daraus folgte nun übereinstimmend mit den von Peirce erhaltenen Resultaten die Neptunsmasse zwischen $^1/_{15000}$ und $^1/_{20000}$, Unterschiede wie sie wegen der schwierigen Beobachtung dieser kleinen Gestirne auch bei den Bestimmungen der Uranusmasse aus der Wirkung auf Saturn und aus den Satelliten bestehen. Die Bahn, welche Neptun, wie man jetzt wusste, wirklich um die Sonne beschrieb, war im Ganzen so völlig verschieden von Le Verrier's Angaben, das Peirce auf Grund seiner scharfsinnigen Untersuchungen geradezu erklären konnte, man müsse Neptun nicht als von Le Verrier vorausgesagt, sondern nur für zufällig entdeckt ansehen, hauptsächlich desshalb, weil in seinen Rechnungen die beinahe vorhandene Commensurabilität der Umlaufszeiten von Neptun und Uranus übersehen, ein Umstand, der, wie uns aus dem Beispiele von Jupiter und Saturn (§. 73, 124) bekannt ist, die Störungen sehr wesentlich berührt. Indessen hatte diese Bemerkung, wenn sie auch theoretisch berechtigt war, keine praktische Bedeutung; denn für die Zeit der Entdeckung ergibt sich sowohl aus den beiden hypothetischen Bahnen von Le Verrier und Adams als aus der thatsächlichen Bahn von Walker nahe derselbe geocentrische Ort.

Kapitel IX.

Gestalt und Atmosphären der Planeten.

§. 90. (Anfängliche runde Gestalt der Körper.) Nachdem wir in den beiden vorhergehenden Kapiteln die Wirkungen der gegenseitigen Anziehung der Planeten untersucht haben, welche sie auf die Bahnen und auf den Ort dieser Körper in ihren Bahnen äussert, wollen wir nun noch kurz den Einfluss betrachten, welchen dasselbe Gesetz der allgemeinen Attraktion auf die Gestalt der Planeten sowohl, als auch auf die ihrer atmosphärischen Umgebungen ausübt.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Körper nicht auf einmal, sondern dass sie erst nach und nach aus der primitiven Materie, aus dem Urstoffe des Weltalls entstanden sind, in welchem einzelne vorherrschende Punkte die sie zunächst umgebende, anfangs wahrscheinlich noch flüssige Masse anzogen, und in mehr oder weniger regelmässigen Schichten um sich ablagerten. Wo immer jene Materie nahe gleichförmig vertheilt war, und wo diese Ablagerung in einer bestimmten Ordnung vor sich ging, musste sich auch der so entstehende und allmählich fortbildende Körper zu einer regelmässigen Form, im Allgemeinen zur Kugelform ausbilden, deren Dichtigkeit gegen den Mittelpunkt derselben immer grösser wurde, weil hier die Kraft der Anziehung des Mittelpunktes sowohl, als auch der Druck der weiter entfernten Schichten grösser war, als in bedeutenden Distanzen von dem Mittelpunkte. Wir sehen in der That diese Art der Entstehung und Fortbildung bei allen

flüssigen Körpern der Erde, und jeder Regentropfen kann uns als Beispiel für jene grossen Tropfen des Himmels dienen.

§. 91. (Abplattung durch Rotation.) Da aber diese Ablagerungen ohne Zweifel nicht in ganz ungestörter Ordnung vor sich gehen, und da während der stufenweisen Ausbildung des neuen Weltkörpers, auch andere ihm benachbarte auf ihn einwirken konnten, so ist es nicht wahrscheinlich, dass jene Kugelgestalt ganz rein erhalten wurde. Der anfangs weiche Planet, dessen feste und flüssige Theile noch unter einander gemischt waren, und der durch die Anziehung der benachbarten Körper in eine Bewegung um sich selbst, in Rotation gesetzt wurde, musste durch die Centrifugalkraft (*I.* §. 21) dieser Rotation an seinem Aequator sich erheben und die Gestalt einer an ihren beiden Polen abgeplatteten Kugel erhalten. Die Beobachtungen zeigen uns in der That diese Gestalt bei allen Himmelskörpern, die uns nahe genug sind, um ihre Abplattung noch zu unterscheiden.

Man kann durch Rechnung streng beweisen, dass eine Masse von durchaus gleicher Dichte durch die Rotation die Gestalt eines Sphäroids, d. h. eines Körpers erhalten müsse, der durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Wendet man diese Rechnungen unmittelbar auf unsere Erde an, so findet man ihre Abplattung nahe gleich $1/_{580}$. Allein nach den Beobachtungen ist sie gleich $1/_{300}$, also nahe doppelt so gross, zum Zeichen, dass die Voraussetzung einer durchaus gleichen Dichte der Erdmasse unzulässig ist.

§. 92. (Rücksicht auf die verschiedene Dichtigkeit der Erdmasse.) In der That ist es aus den so eben angeführten und noch aus anderen Gründen sehr wahrscheinlich, dass die Dichte der Erde gegen ihren Mittelpunkt zunimmt. Schon die zur Bewohnbarkeit der Erde für Thiere und Pflanzen so nothwendige Stabilität der Meere fordert es, dass die mittlere Dichte der festen Erde viel grösser sei, als die Dichte des Wassers, weil sonst die von Winden bewegten Wellen des Oceans immerwährend aus ihren Gestaden treten und das Festland überschwemmen würden, wie diess z. B. der Fall wäre, wenn unsere grossen Meeresbecken Quecksilber statt Wasser enthielten. — Bei einer nicht homogenen Erdmasse aber hat die theoretische Bestimmung ihrer Gestalt grosse Schwierigkeiten. Doch ist man endlich dahin gekommen, zu zeigen, dass auch in diesem Falle noch die Erde eine elliptische Gestalt haben müsse, wenn sie mit sich selbst im Gleichgewichte verbleiben soll. Dieselbe Analyse hat uns zugleich gelehrt, dass die beiden Bewegungen der Erdaxe, die wir oben (*I.* Kap. 12) unter dem Namen der Präcession und Nutation kennen gelernt haben, eine blosse Folge der Anziehung des Mondes und der Sonne auf die abgeplattete und rotirende Erde sind. Die nähere Angabe der hieher gehörenden Berechnungen würde aber dem Zwecke dieser Blätter unangemessen sein.

§. 93. (Entfernung des ursprünglichen Stosses von dem Mittelpunkte des Planeten.) Es wurde bereits oben (*I.* Kap. 2 und 4) gezeigt, dass sich die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne sowohl, als auch die tägliche Rotation um ihre Axe aus einem anfänglichen Stosse oder Zuge erklären lässt, dessen Richtung weder durch den Mittelpunkt der Sonne, noch auch durch den der Erde gegangen ist. Wir haben gesehen (§. 54), auf welche Weise durch die Grösse eines solchen ursprünglichen Stosses die Gestalt des Kegelschnittes, in welchem der Planet um die Sonne

geht, näher bestimmt wird. Ganz ebenso lässt sich nun auch durch eine sehr einfache Rechnung derjenige Punkt des Halbmessers des Planeten bestimmen, auf welchen jener Stoss gerichtet sein musste, damit der Körper eben diese und keine andere Rotation um seine Axe erhalte. Nennt man nämlich der Kürze wegen *r* das Verhältniss des Halbmessers eines Planeten zu dem Halbmesser seiner Bahn, und *t* das Verhältniss seiner Umlaufszeit um die Sonne zu der Zeit der Rotation um seine Axe, so findet man die Entfernung *a* von dem Mittelpunkte des Planeten, in welcher jener ursprüngliche Stoss statthaben musste, um diese Werthe von *r* und *t* hervorzubringen, gleich $^2/_5$ des Produktes der beiden Grössen *r* und *t*. Die Grösse *a* erscheint dabei in Halbmessern des Planeten ausgedrückt. Für die Erde z. B. ist $r = 0.000043$ und $t = 365.25$, also auch $a = 0.006$ Erdhalbmesser oder nur etwas über 5 geographische Meilen, also nur sehr wenig von dem Mittelpunkte der Erde entfernt, daher auch die Abplattung der Erde nicht gross, die Umdrehungszeit derselben im Gegentheile noch bedeutend ist.

Bei Jupiter aber betrug diese Entfernung nahe 0.38 seines Halbmessers, eine viel grössere Distanz, als bei der Erde. Daher auch die Abplattung dieses Planeten $^1/_{15}$ also sehr gross, und die Umdrehungszeit (nahe 10 unserer Stunden) so ungemein klein ist. Bei dem Monde endlich ist diese Entfernung nur 0.002 seines Halbmessers, also noch viel kleiner, als bei der Erde, daher auch seine Rotation, die bekanntlich seiner Revolution gleich ist, volle $27^3/_{10}$ Tage dauert.

§. 94. (Mittelpunkt der freien Rotation der Planeten.) Sowohl die jährlichen Bewegungen der Planeten um die Sonne, als auch die täglichen Rotationen derselben um ihre Axe gehen alle in derselben Richtung, von West gegen Ost, vor sich. Und dasselbe gilt auch von den Satelliten dieser Planeten. Es ist diess eine Eigenheit unseres Sonnensystems, auf die wir später wieder zurückkommen werden, und die, wie es scheint, ganz vorzüglich zur Erhaltung desselben beiträgt. Diesem gemäss hat also jeder Punkt derjenigen Hälfte der Planeten, die eben der Sonne zugekehrt ist, eine doppelte Bewegung, nämlich erstens die um die Sonne, die überhaupt allen Punkten des Planeten gemein ist und von West nach Ost geht, und zweitens die tägliche um die Axe des Planeten, die in dieser Hälfte von Ost nach West geht, also mit der vorhergehenden eine entgegengesetzte Richtung hat. Diese letzte ist, da sie aus der Rotation entspringt, desto grösser, je weiter der Punkt, den man eben betrachtet, von dem Mittelpunkte des Planeten entfernt ist, welcher letzte gar keine tägliche Bewegung hat. Es wird daher in dieser der Sonne zugekehrten Hälfte des Planeten auch irgend einen Punkt geben müssen, dessen jährliche, östliche Bewegung genau gleich der täglichen, westlichen ist, und der daher, während der doppelten Bewegung des Planeten, als vollkommen ruhend betrachtet werden kann. Man nennt in der Mechanik diesen Punkt den Mittelpunkt der freien Rotation, und man findet seine Entfernung von dem Mittelpunkte des Planeten, wenn man die Grösse 0.4 durch die so eben betrachtete Entfernung des ursprünglichen Stosses vom Mittelpunkte dividirt. So hatten wir für die Erde die Entfernung des Stosses gleich 0.006 gefunden, also ist auch die Distanz des ruhenden Punktes von dem Mittelpunkte der Erde gleich $^{0.4}/_{0.006}$ oder $66^2/_3$ Halbmessern der Erde, so dass also hier dieser Punkt weit ausser die Erde, zwischen

sie und die Sonne fällt. Bei Jupiter ist diese Distanz gleich 1.06, so dass also hier der Mittelpunkt der freien Rotation sehr nahe an der Oberfläche des Planeten liegt. Bei dem Monde endlich ist sie gleich 200 Mondhalbmessern, oder nahe 60 Erdhalbmessern, d. h. sehr nahe gleich der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde. Für den Mond fällt also jener Punkt sehr nahe in den Mittelpunkt der Erde, ein merkwürdiges Zusammentreffen, das vielleicht noch einmal nähere Aufschlüsse über das geheimnissvolle Band geben wird, welches den Mond mit der Erde verbindet.

§. 95. (Alter der Erde.) Da der ursprüngliche Stoss, von welchem wir oben gesprochen haben, die Bewegung der Erde um die Sonne in der Ebene der Ekliptik erzeugt hat, so muss die Richtung dieses Stosses mit der Ekliptik selbst parallel, und zugleich nahe senkrecht auf die ursprüngliche Verbindungslinie von Erde und Sonne gewesen sein, weil die elliptische Bahn derselben eine so geringe Excentricität hat, oder einer kreisförmigen Bahn so ähnlich ist, in welcher bekanntlich der Halbmesser auf der Tangente des Kreises immer senkrecht steht. Da aber auch derselbe anfängliche Stoss die Ursache der täglichen Rotation der Rede um ihre Axe sein soll, und da diese Rotation in der Ebene des Aequators vor sich geht, so muss die Richtung desselben aus derselben Ursache auch mit der Ebene des Aequators parallel gewesen sein. Daraus kann man den Schluss ableiten, dass die Erde zur Zeit ihrer Entstehung diejenige Lage erhielt, welche sie in den Solstitien hat, weil nur dort die Linie der Erdbahn einem Stücke des Aequators parallel liegt. Nehmen wir beispielweise an, dass, was freilich sehr unwahrscheinlich, der ursprüngliche Stoss genau senkrecht auf die Verbindungslinie von Sonne und Erde war, so würde der Entstehungspunkt zugleich eine Apside geworden sein, weil nur hier jene senkrechte Lage statt findet. Dann würde also die Erde zu einer Zeit entstanden sein, wo die Apsiden der Erdbahn mit diesen Sonnenwenden zusammenfielen. Wir haben (§. 79) eine Tafel mitgetheilt, welche die Veränderung der Lage des Perihels im Laufe der Jahrtausende also auch die Perioden erkennen lässt, in denen ein Zusammenfallen wie das eben erwähnte statt fand, d. h. die Länge des Perihels 90° oder 270° betrug.

Diese Tafel mag unseren Geologen Stoff zu neuen Hypothesen geben; wir wollen uns begnügen, die Thatsachen angezeigt zu haben. Auch mag es dem blossen Rechner erlaubt sein, solchen Spekulationen einen Augenblick nachzuhängen, ohne jedoch einen grösseren Werth darauf zu legen, als sie in der That verdienen. Uebrigens ist das hohe Alter unserer Erde wohl keinem bedeutenden Zweifel unterworfen, vielmehr vereinigen sich mehrere Erscheinungen für dasselbe. Wir haben bereits oben (*I.* Kap. 12) von den Thierkreisen zu Esne und Denderah in Ober-Aegypten gesprochen. Aber noch ältere Denkmäler scheint Indien aufzuweisen, welches Land, nach John Call's Untersuchungen, vom Ganges bis zum Cap Comorin viele Spuren einer sehr frühen Kultur enthält, da diese Gegenden ganz mit Palästen, Tempeln und den Ruinen derselben bedeckt sind, deren Bauart von einer bereits sehr weit vorgerückten Kunst zeugt. In einem dieser Tempel fand Call einen Thierkreis, auf welchem das Sommersolstitium in dem Sternbilde der Jungfrau steht, während es sich jetzt im Krebse befindet. Ebenso fand A. Humboldt in Amerika auf dem Felsen im Norden der Ruinen von Canur,

unter dem siebenten Grad der nördlichen Breite, Zeichnungen und Inschriften, die offenbar das Werk eines sehr gebildeten Volkes gewesen sein müssen, das vor undenklichen Zeiten daselbst gelebt haben mag, da die gegenwärtigen Bewohner dieser Gegenden weder eine Erinnerung an sie aufbehalten haben, noch auch über die Bedeutung dieser Inschriften etwas mittheilen konnten. Nach Pallas findet man in Sibirien nordöstlich vom Baikalsee ähnliche, viele Meilen weit fortlaufende, mit Charakteren und Zeichnungen bedeckte Felsen. Dieses Land enthält in seinem Boden mehr fossiles Elfenbein, als ganz Indien jetzt an lebenden Elephanten hat. Wenn Chevalier's Konjekturen gegründet sind, so müssen die berühmten Eisenminen der Insel Elba und Korsika schon seit vierzigtausend Jahren bebaut worden sein.

Wie sich aber auch diese und andere Erscheinungen verhalten mögen, die man für das hohe Alter der Erde anführen kann, immer wird man mit dem folgenden Ausspruche eines unserer ersten und ausgezeichnetsten Naturforscher übereinstimmen müssen: *Nous voyons l'homme vivre et mourir sur les ruines d'un vaste édifice reconstruit, renversé et reconstruit encore, sans que l'imagination même la plus active puisse atteindre et fixer les premiers bouleversemens.*

§. 96. (Höhe der Atmosphäre.) Unsere Erde ist bekanntlich von einer luftförmigen Hülle, von einer Atmosphäre umgeben, deren Dasein die Beobachtungen auch schon bei Venus, Mars und Jupiter nachgewiesen haben, und die vielleicht bei keinem Himmelskörper fehlt. Es scheint, dass die Elasticität derselben, die an der Oberfläche der Erde dem Drucke der auf ihr lastenden oberen Schichten proportional ist, in grösseren Höhen viel schneller, als dieser Druck abnimmt, und dass dadurch eine Verdünnung der höheren Luft entsteht, bei welcher sie ganz ohne Elasticität ist, und wo sie daher ihre Grenze haben muss. Diejenige Höhe der Luft, wo sie noch Kraft genug hat, die Sonnenstrahlen zurückzuwerfen, hat man, aus den Erscheinungen der Morgen- und Abend-Dämmerung, zu zehn d. Meilen berechnet. Allein die Sternschnuppen und andere meteorische Phänomene scheinen nach den bisherigen Beobachtungen selbst eine Höhe von dreissig und mehr Meilen über der Oberfläche der Erde zu erreichen, und diejenigen Gegenden der Atmosphäre, in welcher noch Wärme, Licht und Elektricität thätig ist, liegen wahrscheinlich in einer noch viel grösseren Höhe.

Die eigentliche letzte Grenze der Atmosphäre muss ohne Zweifel dort angenommen werden, wo die Centrifugalkraft der mit der Erde zugleich rotirenden Luft mit der Schwere der Erde gleich gross geworden ist, da sich die Luft jenseits dieser Grenze, wo die Centrifugalkraft überwiegt, von der Erde entfernen müsste und nicht mehr bei ihr bleiben könnte. Wegen dieser Centrifugalkraft wird also auch die Atmosphäre, so wie die Erde selbst, an ihren Polen abgeplattet sein und unter dem Aequator eine erhabene Gestalt annehmen. Wegen der ungemeinen Beweglichkeit ihrer Elemente und der grossen Entfernung derselben von der Erde wird diese Abplattung sehr bedeutend sein können. Die Rechnung zeigt aber, dass diese Abplattung Grenzen habe, die sie nicht übersteigen kann, und dass, bei der grösstmöglichen Abplattung, die kleine Axe des Luftsphäroids zur grossen sich wie 2 zu 3 verhalten müsse.

§. 97. (Zodiakallicht.) Man hat das Zodiakallicht als die Atmosphäre der Sonne ansehen wollen. Dieses der Milchstrasse ähnliche, aber hellere Licht erstreckt sich in der Gestalt eines Kegels, dessen Basis die Sonne ist, und dessen Axe in der Ekliptik liegt, selbst noch weit über die Erdbahn hinaus. Man sieht es am deutlichsten, besonders in den Tropenländern, in den Monaten April und Mai gleich nach Sonnenuntergang, und im September und Oktober kurz vor Sonnenaufgang. Es hat die Gestalt eines schmalen Ovals, dessen grosse Axe veränderlich scheint, aber wenigstens fünfmal grösser ist, als die kleine. Schon dieses Verhältniss der beiden Axen zeigt, dass das Zodiakallicht keine Atmosphäre der Sonne sein kann, bei welcher, nach dem Vorhergehenden, dieses Verhältniss, selbst wenn es am grössten, nur gleich 3 zu 2 wäre. Auch lässt sich durch Rechnung zeigen, dass die Atmosphäre der Sonne, wenn sie existirt, noch lange nicht bis zur Bahn des Merkurs sich erstrecken kann, da doch das Zodiakallicht noch über die Erdbahn hinausreicht. Wir haben oben (*II.* §. 25) eine andere Vermuthung über die Natur des Zodiakallichtes geäussert; jedenfalls scheint es, dass wir die nähere Untersuchung dieses räthselhaften Gegenstandes unsern Nachkommen überlassen müssen.

Kapitel X.

Ebbe und Fluth des Meeres und der Atmosphäre der Erde.

§. 98. (Imposantes Schauspiel der Ebbe und Fluth.) Obschon das die Erde bedeckende Meer schon seit Jahrtausenden mit ihr und mit sich selbst im Gleichgewichte zu schweben scheint, und die Gestade nicht mehr verlässt, die es in der Vorzeit so oft durchbrochen hat, um das Festland mit seinen Fluthen zu bedecken, so sieht man doch diese gewaltige Wassermasse in regelmässiger Oscillation sich täglich auf und nieder bewegen, sich von dem Mittelpunkte der Erde erheben, um bald darauf wieder zu ihm zurückzusinken. Es ist in der That ein erhabenes Schauspiel für den stillen Zuschauer am Ufer des Meeres, zu sehen, wie die Fluthen desselben hin und wieder wogen und sich ungestüm an den sie einschliessenden Gestaden brechen, die sie wechselweise zu erstürmen und wieder zu verlassen streben. Dass der Mond in jedem Monate um die Erde, dass die Erde in jedem Jahre um die Sonne, und in jedem Tage um sich selbst geht — diess sind allerdings grosse und wunderbare Erscheinungen. Aber wir fühlen sie nicht und sind bereits längst daran gewöhnt. Nur das feinere Auge des Geometers und des Astronomen lehrte uns diese Bewegungen kennen, die für den grössten Theil der übrigen Menschen beinahe ganz unbemerkt vorüber gehen. Aber dieselben Kräfte, welche diese Phänomene erzeugen, sind auch zugleich die Ursache jenes periodischen, und selbst den gleichgültigsten Zuschauer

ergreifenden Auf- und Niederwogens des Weltmeeres, in welchem die Natur, die sonst ihre Geheimnisse so sorgfältig vor unseren Blicken zu verbergen scheint, uns dieselben mit grossen, unverkennbaren, und selbst den rohesten Wilden verständlichen Charakteren geoffenbart hat.

§. 99. (Erscheinung der Ebbe und Fluth im Allgemeinen.) Zweimal an jedem Tage erheben und senken sich die Gewässer des Oceans in immer wieder kommender regelmässiger Folge. Die ersten sechs Stunden des Tags sind sie im Steigen begriffen; sie überschwemmen die flachen Gestade, suchen die steilen Küsten zu erstürmen, und dringen in die Mündungen der Flüsse ein, um sie meilenweit vor ihren Ufern anzuschwellen. Diess ist die Zeit der Fluth *(flux)*. Wenn das Wasser seine grösste Höhe erreicht hat, verweilt es daselbst als Hochmeer *(haute mer)*. Bald darauf sinkt es eben so regelmässig wieder zu seiner ersten Tiefe herab, die Zeit der Ebbe *(reflux)*, die ebenfalls nahe sechs Stunden dauert, bis das Meer seine grösste Tiefe *(basse mer)* erreicht hat, wo es einige Zeit verweilt, um dann wieder zu seiner früheren Höhe zu steigen und in derselben Ordnung dieselben Veränderungen regelmässig zu durchlaufen.

Diese Bewegungen des Weltmeeres werden allerdings durch die Wirkung der Winde vermehrt, aber sie entspringen nicht aus ihnen, da man die Ebbe und Fluth auch bei dem stillsten Wetter und dem reinsten Himmel immer in derselben Ordnung abwechseln sieht. Diese Ordnung ist so gross, dass man die verschiedenen Momente dieser Erscheinungen für verschiedene Orte selbst auf ganze Jahre mit derselben Sicherheit voraussagen kann, mit welcher die Astronomen die Finsternisse der Sonne und des Mondes bestimmen.

§. 100. (Perioden der Ebbe und Fluth.) Die Regelmässigkeit des Phänomens setzt eine eben so regelmässige und dauernde Ursache voraus, welche jene Wirkungen hervorbringt. Um diese Ursache zu entdecken, muss man die Erscheinungen selbst durch eine längere Zeit aufmerksam beobachten, und vor Allem die Perioden bestimmen, in welchen sie wiederkehren. Man fand auf diese Art, dass diese Perioden mit dem synodischen Mondmonat (*I.* §. 95 und 159), das heisst, mit der Zeit des Neu- und Vollmondes in auffallendem Zusammenhange stehen, und dass sie besonders von den Stellungen des Mondes gegen die Erde abhängen. Zwar sind diese Perioden nicht immer gleich unter einander, aber wenn man aus mehreren auf einander folgenden das Mittel nimmt, so erhält man für die Dauer derselben 24 Stunden und 50 Minuten, in welchem Zeitraum immer zwei Ebben und eben so viele Fluthen sich ereignen. Diess ist aber genau die Zeit, in welcher der Mond, für jeden Beobachter auf der Erde, vermöge der mittleren Bewegung dieses Satelliten, wieder zu seinem Meridian zurückkommt, eine Zeit, die man Mondtag nennen kann, so wie man die Zeit von 24 Stunden zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne einen Sonnentag zu nennen pflegt (*I.* §. 152).

Wenn also für irgend einen Hafen heute das Hochmeer genau in den Mittag dieses Ortes fällt, oder um 12 Uhr statthat, so wird es am ersten folgenden Tag um 12 Uhr 50 Minuten Abends, am zweiten um 1 Uhr 40 Minuten, am dritten um 2 Uhr 30 Minuten eintreten, so dass es täglich um 50 Minuten später kommt, und zwischen je zwei solchen Abendfluthen wird immer auch eine Morgenfluth in der Mitte liegen, von welcher die erste um 12 Uhr 25 Minuten Morgens, die am

erstfolgenden Tag um 1 Uhr 15 Minuten, am zweiten um 2 Uhr 5 Minuten, am dritten um 2 Uhr 55 Minuten Morgens eintritt u. s. w. Zwar sind diese Intervalle, wie schon gesagt, zuweilen einige Minuten grösser oder kleiner, als sie angegeben wurden, aber eben diese Ungleichheiten sind nur wieder ein neuer Beweis, dass die ganze Erscheinung von dem Monde kommt, da auch dieser, wie wir oben (Kap. *VI.*) gesehen haben, seine Geschwindigkeit sehr stark ändert, und da man, wenn man die Unregelmässigkeit beider aufmerksam betrachtet, eine sehr genaue Uebereinstimmung zwischen beiden findet.

§. 101. (Ursachen der Ebbe und Fluth.) Doch ist der Mond, zwar die wichtigste, aber keineswegs die einzige Ursache dieser Erscheinungen. Man darf sie in der That nur durch einige Monate beobachtet haben, um zu bemerken, dass die Fluthen, welche zur Zeit des Neu- oder Vollmondes eintreten, durchaus viel grösser, und die der Quadraturen im Gegentheile beträchtlich kleiner sind, als die mittleren Fluthen. Wenn man diese Beobachtungen noch weiter fortsetzt, so findet man, dass die Fluth und eben so die Ebbe immer grösser wird, wenn der Mond oder die Sonne der Erde näher kommt, und dass selbst die Deklinationen dieser beiden Gestirne noch einen Einfluss auf diese Erscheinungen äussern, wobei jedoch der des Mondes immer als der überwiegende erkannt wird.

§. 102. Lokalverhältnisse, welche die Ebbe und Fluth bedingen.) Alles Vorhergehende gilt in seiner ganzen Strenge nur von grossen, freien Meeren, von dem eigentlichen Weltmeere. In kleineren Seen, selbst in dem kaspischen Meere, und überhaupt nahe am Ufer oder in engen Häfen werden die Gewässer in ihrem regelmässigen Laufe aufgehalten und gestört, und der Moment, selbst die Grösse des Hochmeeres, wird dadurch bedeutend modificirt. An den Küsten von Frankreich sind diese Zeiten, oft selbst schon für zwei benachbarte Häfen, sehr verschieden, obschon sie für einen und denselben Hafen eben so konstant sind, wie auf der hohen See. In Dünkirchen z. B. tritt das Hochmeer erst zwölf Stunden nach der Culmination des Mondes ein, und in St. Malo (Breite 48° 39′) sechs Stunden später, während am Cap der guten Hoffnung die Fluth schon 1½ Stunde nach der Culmination des Mondes ihre grösste Höhe erreicht.

§. 103. (Hafenetablissement der Totalfluth.) Man pflegt die Zeit seit der Culmination des Mondes, wo das Hochmeer am Tage des Neumondes für jeden Hafen eintritt, das *Établissement du port* zu nennen, und man geht von diesem Augenblicke aus, um alle folgenden Momente des Hochmeeres für diesen Monat durch Rechnung zu bestimmen. Dieses Hafenetablissement beträgt in

Hamburg . .	5 St.	0 Min.		Gröningen . .	11 St.	15 Min.
Amsterdam .	3 »	0 »		Berg-op-Zoom	3 »	0 »
Flissingen .	1 »	0 »		Antwerpen . .	4 »	25 »
Ostende . .	0 »	20 »		Dünkirchen .	11 »	45 »
Calais . . .	11 »	45 »		Boulogne . .	10 »	40 »
Dieppe . . .	10 »	30 »		Cherbourg . .	7 »	45 »
St. Malo . .	6 »	0 »		Brest . . .	3 »	45 »
Lissabon . .	4 »	0 »		Cadix . . .	1 »	15 »
London . .	2 »	45 »		Portsmouth .	11 »	40 »
Plymouth . .	6 »	5 »		Liverpool . .	11 »	0 »
Dublin . . .	9 »	45 »		Bristol . . .	6 »	45 »

Es wäre sehr wünschenswerth, diese Angaben, so wie auch die Höhen der Fluthen für viele Orte mit grosser Genauigkeit zu haben, da von ihnen die Berechnung der künftigen Fluthen abhängt, deren Kenntniss für den Schiffer und die Bewohner der Meeresufer so nützlich, ja nothwendig ist, um Unfälle zu vermeiden. Man nennt Totalfluth *(marée totale)* die halbe Summe zweier nächsten Hochmeere über dem Niveau der zwischen ihnen liegenden tiefsten Ebbe. Beträgt z. B. die Höhe der ersten Fluth 4.4 Meter über dem Niveau der nächstfolgenden Ebbe, und die der zweiten Fluth 3.6 Meter, so ist die Totalfluth 4 Meter. Diese Totalfluth beträgt im Mittel aus sehr vielen Beobachtungen für Brest 3.21, für Cherbourg 2.70, für St. Malo 5.98, und für Dieppe 2.87 Meter. In den französischen Häfen ereignen sich die grössten Fluthen immer ein und einen halben Tag nach dem Neumonde und Vollmonde, und diese grössten Fluthen sind es, deren Kenntniss besonders interessant ist. Man findet sie aber auf folgende Art.

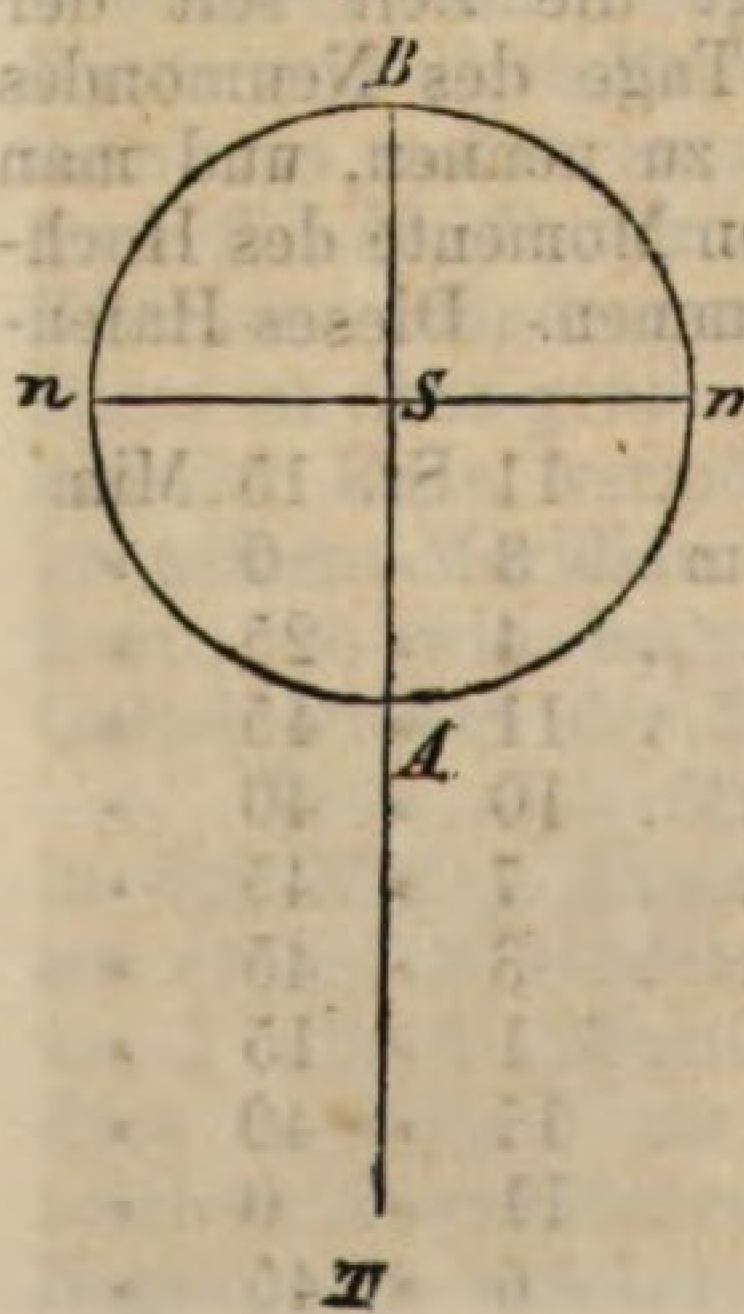
§. 104. (Berechnung der Ebbe und Fluth.) Laplace hat in seiner *Méc. céleste Vol. II. p.* 289 einen einfachen Ausdruck gegeben, durch welchen man die Höhe der Fluth für alle Neu- und Vollmondstage eines Jahres berechnen kann. Die Resultate dieser Berechnung werden von den Astronomen in Paris jährlich bekannt gemacht. So hat man z. B. für das Jahr 1834 gefunden:

		Fluthhöhe.
10. März	Neumond um 11 Uhr Morgens . .	0.84 Meter.
25. »	Vollmond um 6 Uhr Morgens . .	1.13 Meter.

Um nun zu wissen, welches die grösste Fluthhöhe für Brest im Monat März des Jahres 1834 sein wird, multiplicirt man die grössere der beiden vorhergehenden Zahlen, nämlich 1.13 durch die Totalfluth von Brest, d. h. durch 3.21, wodurch man für die gesuchte grösste Fluth 3.63 Meter erhält, und da diese anderthalb Tage nach dem Vollmonde statthaben soll, so fällt sie auf den 26. März um 6 Uhr Abends. Für St. Malo findet man an demselben Tage die grösste Fluth dieses Monats 6.76 Meter oder 20.81 Par. Fuss.

§. 105. (Erklärung dieser Erscheinungen.) Da die Vorausbestimmungen dieser Erscheinungen so gut mit den Beobachtungen übereinstimmen, so kann man nicht zweifeln, dass auch die Voraussetzungen, auf welche sich jene Rechnungen gründen, der Wahrheit gemäss sind, dass nämlich diese Erscheinungen eine blosse Folge der Anziehung der Sonne, und besonders des Mondes auf unsere Meere sind.

Fig. 107.



Sei *T* (Fig. 107) der Mittelpunkt des Mondes und *S* der Mittelpunkt der Erde *ABmn*, also *A* der nächste, und *B* der von dem Monde weiteste Punkt der Oberfläche der Erde, wo der Beobachter *A* den Mond in seinem Zenith, und *B* in seinem Nadir (Einl. §. 8) hat. Da die Anziehung des Mondes, wie die aller Körper, sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, so ist diese Anziehung des Mondes für den Punkt *A* der Erde die grösste, und für den Punkt *B* die kleinste von allen, während sie für die

beiden zwischen *A* und *B* liegenden Punkte *m* und *n* nahe eben so gross, als für den Mittelpunkt *S* der Erde, also nahe gleich der mittleren Anziehung des Mondes ist. Da somit der Punkt *A* stärker, als der Mittelpunkt *S* der Erde von dem Monde angezogen wird, so wird auch dieser Punkt *A* sich dem Monde *T* zu nähern, oder von dem Punkte *B* zu entfernen suchen; der Punkt *A* und also auch das ihn zunächst umgebende Wasser wird daher steigen. Da aber eben so der Mittelpunkt *S* von dem Monde *T* mehr, als der entfernteste Punkt *B* angezogen wird, so wird sich auch der Punkt *S* dem Monde mehr nähern, als der Punkt *B*, oder mit andern Worten, der Punkt *B* und also auch das ihn umgebende Wasser wird hinter dem Mittelpunkte *S* der Erde zurückbleiben, sich von ihm entfernen und daher ebenfalls steigen. Dasselbe wird auch, obschon in geringerem Grade, für alle die Punkte der Erde gelten, die mit den beiden Punkten *A* und *B* in einerlei Meridian liegen, oder für die der Mond zu derselben Zeit kulminirt. Die übrigen Punkte der Erde aber werden sich desto weniger von dem Mittelpunkte derselben entfernen, werden desto weniger steigen, je weiter sie von jenem Meridian entfernt sind. Die Punkte *m* und *n*, die den Mond in oder nahe bei ihrem Horizonte sehen, werden nur mit der mittleren Kraft des Mondes, mit derselben Kraft, wie der Mittelpunkt *S* angezogen und bleiben daher ungestört, oder vielmehr die, diese beiden Punkte umgebenden Gewässer müssen an Höhe eben nur abnehmen oder sinken, weil ein grosser Theil derselben dazu verwendet worden ist, die Gewässer bei *A* und *B* zu erhöhen.

Man sieht daraus schon ohne alle Rechnung, dass zwischen je zwei nächsten Culminationen des Mondes auch eine doppelte Ebbe und Fluth statthaben, und dass die Fluth für jeden Ort der Erde in die Zeit seiner oberen oder unteren Culmination (Einl. §. 26), die der Ebbe aber nahe sechs Stunden vor und nach derselben statthaben muss.

Was so eben von dem Monde gesagt worden ist, gilt auch von der Sonne, nur wegen ihrer grossen Entfernung in viel geringerem Masse. Die Sonnenfluthen werden für jeden Ort in den Augenblick seines Mittags und seiner Mitternacht fallen, und da jeden Monat einmal die Culmination des Mondes in dieselbe Zeit fällt, nämlich zur Zeit der Neu- und Vollmonde, so werden die Wirkungen der Sonne und des Mondes hier zusammenfallen und die Fluthhöhe vergrössern, während im Gegentheile zur Zeit der Quadraturen, wo der Mond in der Linie *BST* und die Sonne in der verlängerten Linie *mSn* liegt, die Fluthhöhe des Mondes durch die der Sonne vermindert werden muss. Aus derselben Ursache wird die Fluth des Mondes sowohl, als auch die der Sonne desto stärker sein, je näher diese Gestirne bei der Erde stehen, was alles mit den Beobachtungen ganz genau übereinstimmt. Dass das Hochmeer an jedem Orte nicht in den Augenblick der Culmination selbst trifft, sondern oft erst mehrere Stunden später statthat, kommt offenbar daher, dass die Trägheit des Wassers, die Reibung seiner Theile, die Unebenheiten des Meerbodens u. dgl. der Bewegung desselben zahlreiche Hindernisse entgegen setzen. Aus ähnlicher Ursache fällt bekanntlich auch die grösste Hitze des Tages nicht auf den Mittag, sondern etwa 2 Stunden später, so wie die höchste Temperatur des Jahres nicht auf den Augenblick des Sommersolstitiums, wo die Sonne am höchsten steht, sondern mehr als einen Monat später, weil die Accumulation der Wärme

ebenfalls nur allmählich statt hat und selbst nach dem höchsten Stande der Sonne noch einige Zeit durch fortschreitet.

Es wurde bereits gesagt, dass alle die Orte, welche mit den Punkten *A* und *B* in demselben Meridian liegen, zu gleicher Zeit ihre Fluthen haben, aber in geringerem Grade, offenbar in einem um so geringeren, je weiter sie von den beiden Punkten *A* und *B* entfernt sind. Da aber die Sonne und der Mond sich nie sehr weit von der Ebene des Aequators entfernen, so werden auch diese Orte *A* und *B*, welche die grössten Fluthen haben, immer in der Nähe des irdischen Aequators sein, oder sie werden in die heisse Zone fallen. Die Fluthen werden also in den Tropenländern am grössten sein und immer kleiner werden, je näher man den beiden Polen der Erde kommt. Auch diess ist der Erfahrung vollkommen gemäss. In Ostindien und an den tropischen Küsten Amerika's steigen diese Fluthen gewöhnlich sehr hoch, obschon sie auch durch Lokalursachen an andern Orten oft sehr erhöht werden. In dem Hafen von St. Malo beträgt diese Höhe gewöhnlich 50 Fuss. In der Nord- und Ostsee ist die Erhebung und Senkung des Meeres schon viel kleiner, und an den nördlichen Küsten von Norwegen bemerkt man sie gar nicht mehr, so wenig als in kleineren oder ringsum eingeschlossenen Meeren, wie in dem schwarzen oder dem kaspischen Meer.

§. 106. (Bestimmung der Mondmasse und Geschichte der Theorie der Fluth.) Wenn man den Einfluss, welchen der Mond auf die Fluth hat, von jenem der Sonne geschickt sondert, so geben diese Erscheinungen ein gutes Mittel, die Masse des Mondes zu bestimmen. Man hat auf diesem Wege gefunden, dass die Masse dieses Satelliten nahe den 75sten Theil der Masse der Erde beträgt, ziemlich übereinstimmend mit anderen astronomischen Bestimmungen.

Die Theorie dieser Erscheinungen, in ihrer ganzen Vollständigkeit aufgefasst, ist übrigens eine der schwersten, mit welchen sich unsere Geometer bisher beschäftiget haben, wie schon aus den vielen vergeblichen Versuchen folgt, welche seit Newton's Zeiten angestellt wurden, diesen Zweck zu erreichen. Bereits Kepler wollte eine solche Theorie liefern, aber die Analyse war damals noch in einem zu unvollkommenen Zustande, um ein so schwieriges Problem genügend zu lösen. Galilei, der die Ansicht Kepler's bekämpfte, stellte eine andere auf, die aber eben so wenig angenommen zu werden verdiente. Newton, der den Gegenstand zuerst aus dem wahren Gesichtspunkte betrachtete, gab seine Theorie im Jahre 1687. Allein so richtig auch seine Ideen waren, so bedurften sie doch noch einer grossen Entwicklung und Ausbildung, um den Erscheinungen der Natur vollkommen zu genügen. Im Jahre 1738 machte die k. Akademie der Wissenschaften zu Paris dieses Problem zum Gegenstande einer Preisfrage, die vier gekrönte Memoiren zur Folge hatte. Die drei ersten waren von Daniel Bernoulli, Leonhard Euler und Maclaurin, welche alle mit sehr viel Scharfsinn die von Newton schon früher eingeschlagene Bahn verfolgten. Die vierte aber hatte den bekannten Jesuiten Cavalleri zum Verfasser, und dieser suchte die gegebene Frage durch die Anwendung der cartesischen Wirbel zu erklären, eine auf nichts gegründete Theorie, an welcher aber die Pariser Akademie noch viele Jahre festzuhalten suchte, nachdem bereits Newton sein System der allgemeinen Schwere aufgestellt und die Nichtigkeit der Wirbel des Descartes dargethan hatte. Die gegen-

wärtige hohe Ausbildung dieses Gegenstandes verdanken wir vorzüglich Laplace, der seine tiefen Untersuchungen darüber in den beiden letzten Theilen seiner *Méc. céleste* mitgetheilt hat.

§. 107. (Ebbe und Fluth der Atmosphäre.) Da die Wirkung der Sonne und des Mondes auf unsere Meere so bedeutend ist, so wird sie wahrscheinlich auf das unsere Erde rings umgebende Luftmeer, wegen der grossen Beweglichkeit desselben, noch viel beträchtlicher sein. An der obersten Grenze der Atmosphäre sind diese Wirkungen ohne Zweifel auch sehr gross. Aber wir bewohnen nur den Grund dieses Meeres, und sind in dieser Beziehung in demselben Falle mit den Bewohnern der Tiefe des Oceans, die von den grossen Veränderungen, welche an seiner Oberfläche vorgehen, wohl nur sehr wenig fühlen mögen. Indessen erkennen wir diese Fluktuationen unserer Atmosphäre selbst auf der Erde noch durch die täglichen Aenderungen des Barometers und an denjenigen Winden, deren Richtung und Stärke von den Tageszeiten abhängt und die daher periodisch sind. Jene Variationen des Barometers sind allerdings nur klein, da sie selbst unter dem Aequator, wo sie am grössten sind, nur etwa drei Zehntheile einer Linie betragen. Demungeachtet hat man sich durch fortgesetzte Beobachtungen an guten Instrumenten, selbst in höheren Breiten, von ihrem Dasein nicht nur, sondern auch von ihrer Grösse überzeugt. Diesen Beobachtungen zu Folge liegt die grösste Höhe des Barometerstandes zwischen 9 und 10 Uhr Morgens; hierauf nimmt die Höhe bis zu 4 Uhr Abends ab, wo sie am kleinsten ist. Von da steigt sie wieder, bis sie um 11 Uhr Abends zum zweitenmale eine grösste Höhe erreicht und dann wieder fällt, bis sie um 4 Uhr Morgens zu ihrer zweiten grössten Tiefe sinkt. Aus dieser Epoche sieht man aber schon, dass sie sich nicht nach dem Laufe des Mondes, sondern vielmehr nach dem der Sonne richtet. Auch zeigt die Theorie, dass die Anziehung dieser beiden Gestirne auf unsere Atmosphäre, selbst unter dem Aequator, höchstens eine Aenderung von 0.02 Linien in der Höhe des Barometers hervorbringen könnte. Jene beobachtete Aenderung scheint daher mehr eine Wirkung der Temperatur zu sein, die durch die Sonne in unserer Atmosphäre erzeugt wird.

Kapitel XI.

Andere merkwürdige Folgen der Störungen der Planeten.

§. 108. (Bei dem Monde ist die Revolution der Rotation gleich.) Wir haben im Vorhergehenden gesehen, dass sich aus dem einfachen Gesetze der allgemeinen Attraktion nicht nur die elliptische Bewegung der Planeten um die Sonne, und der Satelliten um ihre Hauptplaneten erklären lässt, sondern dass auch die mannigfaltigen Abweichungen dieser Körper von ihren elliptischen Bahnen, dass die periodischen sowohl als die säculären

Störungen aus derselben Quelle fliessen, die zugleich die Ursache der sphäroidischen Gestalt dieser Planeten und ihrer Atmosphären, so wie derjenigen Erscheinungen ist, welche unter der Benennung der Präcession und der Nutation der Erdaxe, und der Ebbe und Fluth des Meeres bekannt sind. Es gibt aber noch mehrere andere Folgen desselben grossen Gesetzes, die zwar eben so wenig, als die bereits angeführten, in diesen Blättern umständlich und mit ihren Gründen mitgetheilt werden können, die aber doch zu wichtig und interessant sind, als dass es erlaubt sein sollte, sie hier gänzlich zu übergehen.

Da uns der Mond immer dieselben Flecken zeigt, oder da er uns immer dieselbe Seite zuwendet, so muss er sich um seine Axe drehen, und zwar in derselben Zeit, in welcher er sich um die Erde bewegt (*I.* §. 163), so dass also die Rotation des Mondes der Revolution desselben gleich ist. Man wird sich von der Wahrheit dieses Schlusses leicht überzeugen, wenn man sich einen Beobachter ausser der Mondsbahn z. B. in der Sonne denkt, welchem der Mond also während jeder seiner Revolutionen um die Erde nach und nach alle Seiten seiner Oberfläche zuwendet. Beide Bewegungen sind bei dem Monde gleich, und zwar ganz genau gleich, weil schon der geringste Unterschied, indem er mit der Zeit sich anhäufen müsste, uns längst auch die andere Seite des Mondes zugewendet hätte, die doch bisher noch kein menschliches Auge gesehen hat. Diese Uebereinstimmung der Rotation mit der Revolution bei dem Monde ist sehr merkwürdig, und wir werden sehen, dass dieselbe auch bei Satelliten anderer Planeten statthat. Nicht so bei den Hauptplaneten, wo zwischen diesen beiden Bewegungen die grösste Verschiedenheit herrscht. So dreht sich die Erde 366mal, Jupiter 10000mal und Saturn 25000mal um sich selbst, während eines einzigen Umlaufes um die Sonne.

§. 109. (Scheinbare Librationen des Mondes.) Zwar bemerkt man, wie wir schon in der *II.* Abtheilung bei Gelegenheit der Mondkarte erwähnten, mit einiger Aufmerksamkeit, dass die dem Rande zunächst stehenden Flecken zuweilen auf die von uns abgewendete Hemisphäre des Mondes treten und uns unsichtbar werden, und dass eben so andere, die wir zuerst nicht gesehen hatten, auf der uns zugewendeten Hälfte dieses Satelliten erscheinen. Allein man sieht bald, dass diess nur scheinbare Bewegungen sind, die von der ungleichförmigen Bewegung des Mondes um die Erde und von unserer Stellung gegen diesen Himmelskörper kommen. Wegen seiner elliptischen Bewegung, so wie auch wegen der grossen Störungen, die er von der Sonne erleidet (§. 66), geht er in seiner Bahn bald mit einer grösseren, bald wieder mit einer kleineren Geschwindigkeit, und muss daher uns, die wir im Mittelpunkte seiner Bahn stehen, bald auf dem östlichen, bald wieder auf dem westlichen Rande einen kleinen Theil seiner von uns im Allgemeinen abgewendeten Seite zukehren. Da ferner die Rotationsaxe des Mondes auf der Ebene seiner Bahn nicht genau senkrecht steht, sondern um einen Winkel von nahe 83 Graden gegen sie geneigt ist, so werden wir, wenn er den höchsten Punkt seiner Bahn einnimmt, von seinem nördlichen Rande etwas weniger, und von seinem südlichen etwas mehr erblicken, als wenn er in dem tiefsten Punkte seiner Bahn stünde. Da endlich derjenige Punkt des Mondrandes, der bei seinem Aufgange am höchsten steht, bei seinem Untergange nahe am tiefsten erscheint, so wird ein

Beobachter auf der Oberfläche der Erde an dem äussersten Rande des Mondes auch andere Flecken sehen, als der Antipode desselben. Allein alle diese, übrigens sehr geringen Veränderungen, die man die scheinbaren Librationen (*II.* §. 127) des Mondes nennt, haben ihren Grund nur in unserer Stellung gegen denselben, und sind daher bloss als optische Erscheinungen zu betrachten, die mit den Bewegungen des Mondes selbst in keinem unmittelbaren Zusammenhange stehen. Die erste dieser Librationen, in der Länge, kann, aus dem Mittelpunkte des Mondes gesehen, höchstens 8 Grade, die Libration der Breite 6°.8, und endlich die dritte oder die Libration der Parallaxe einen Grad betragen.

§. 110. (Säculäre Aenderungen der Rotation des Mondes.) Wir werden daher annehmen müssen, dass die Rotation des Mondes um seine Axe der mittleren Bewegung desselben um die Erde vollkommen gleich ist. Allein welcher mittleren? — Denn wir haben oben (*I.* §. 168) gesehen, dass diese mittlere Bewegung des Mondes selbst wieder veränderlich ist, indem sie seit mehr als 13000 Jahren immer zugenommen hat und nahe 24000 Jahre noch zunehmen, dann aber wieder allmählich langsamer werden wird. Wenn daher die Rotation des Mondes eine für alle Zeiten unveränderliche Grösse wäre, wie diess bei der Erde und den Planeten in der That der Fall ist, so müsste sie in der Folge der Jahrhunderte schon längst von der Revolution dieses Satelliten verschieden geworden sein, und wir würden daher schon seit Jahrtausenden einen grossen Theil der von uns noch immer abgewendeten Hemisphäre desselben zu Gesichte bekommen haben. Da diess gegen die Erfahrung ist, so muss man annehmen, dass auch die Rotation des Mondes einer ähnlichen säculären Veränderung, wie die Revolution, unterworfen sei. Weil aber auf der andern Seite jede freie Rotation eines Körpers ihrer Natur nach nicht anders als gleichförmig sein kann, so muss es eine besondere äussere Kraft geben, die auf den Mond einwirkt und ihn zwingt, jeden Augenblick der Erde dieselbe Seite unverwandt zuzukehren.

§. 111. (Ursache dieser Erscheinungen.) Diese Kraft kann offenbar nur in der Erde liegen. Nimmt man an, wie diess sehr wahrscheinlich ist, dass der Mond zur Zeit seiner Entstehung ein flüssiger Körper war, so wird die Erde, wegen ihrer grossen Nähe, den ihr nächsten Punkt, d. h. den Mittelpunkt der uns sichtbaren Scheibe des Mondes, unter allen am stärksten angezogen, und so sich diesen Punkt genähert haben. Dadurch hätte die Oberfläche dieses Satelliten die Gestalt eines Ellipsoids erhalten, dessen kleinste Axe die Rotationsaxe, und dessen grösste gegen die Erde gekehrt war. Wir wissen (*II.* §. 118, 127), dass diese Vermuthung thatsächlich bestätigt wurde. Es ist nun äusserst unwahrscheinlich, dass der primitive Stoss, welcher dem Monde (§. 45) seine Bewegung gab, genau eine solche Beschaffenheit hatte, wodurch die drehende und die fortschreitende Bewegung desselben einander ganz gleich geworden wären. Allein unter der Voraussetzung, dass die grosse Axe des Mondsphäroids ursprünglich gegen die Erde gerichtet war, ist es schon hinlänglich, diese beiden Bewegungen nur nicht zu sehr verschieden anzunehmen, um daraus jene Erscheinung der Gleichheit beider Bewegungen zu erklären. Wenn nämlich auch die grosse Axe des Mondes jeden Augenblick von der Richtung nach dem Mittelpunkt der Erde sich zu entfernen strebt, so wird sie doch durch die Anziehung der Erde selbst immer wieder in ihre frühere Lage zurückgebracht

werden, so wie z. B. die Schwere der Erde ein in Bewegung begriffenes Pendel, so oft es sich von seiner Vertikallinie entfernt, immer wieder zu derselben zurückführt. Durch diese Attraktion der Erde entsteht also eine Art von wahrer, nicht bloss scheinbarer Libration des Mondes, die aber sehr gering sein muss, da unsere Beobachtungen sie noch nicht zu erkennen gegeben haben. Auch die Abplattung des Mondes an seinen beiden Polen ist so klein, dass sie bisher unsern schärfsten Instrumenten entging, und dass wir daher die Gestalt dieses Satelliten ohne merklichen Fehler als vollkommen kugelförmig annehmen können. Nach der Theorie aber ist die kleine Axe desselben gleich 0.9989, wenn die grosse, gegen den Mittelpunkt der Erde gekehrte Axe für die Einheit angenommen wird, so dass also seine Abplattung nur den tausendsten Theil dieser Axe beträgt.

§. 112. (Der Mond in Verbindung mit Kometen.) Wenn der Mond je einem Kometen nahe gekommen ist, was seit der undenklichen Zeit seiner Existenz wohl geschehen sein mag, so muss doch die Masse eines solchen Kometen ungemein gering gewesen sein. Denn wenn sie auch nur den hunderttausendsten Theil der Erdmasse betragen hätte, so würde ein Zusammentreffen dieser beiden Körper, wie die Rechnung zeigt, die wahren Librationen des Mondes schon so gross gemacht haben, dass sie unsern Beobachtungen nicht mehr hätten entgehen können. — Aber vielleicht war der Mond selbst einmal ein Komet, der in der grauesten Vorzeit der Erde nahe gekommen ist, und nun, von ihr festgehalten, sie auf ihrer Bahn um die Sonne begleiten muss? Es hat nicht an Astronomen gefehlt, die diese Meinung aufgestellt haben. Allein wenn man, mit Hülfe der Analyse, in die entferntesten Zeiten zurück geht, so findet man, dass der Mond sich immer in einer nahe kreisförmigen Bahn um die Erde, so wie die Planeten um die Sonne, bewegt habe, und dass daher ein solcher Ursprung desselben ganz unwahrscheinlich ist.

§. 113. (Störungen der Kometen durch die Planeten und den Aether.) Die Kometen erleiden von den Planeten unseres Sonnensystems, wenn sie aus ihrer weiten Ferne zu denselben herabsteigen, oft grosse Störungen, die auf eine ganz andere Art berechnet werden müssen, als die Störungen der Planeten unter sich, weil die grossen Excentricitäten und Neigungen ihrer Bahnen nicht mehr die Abkürzungen erlauben, die man bei den Planeten mit so viel Vortheil anzuwenden pflegt. Schon Halley erkannte die grossen Wirkungen dieser Störungen an dem nach ihm genannten Kometen, dessen auf einander folgende Umlaufszeiten, in Folge dieser Störungen, mehr als ein ganzes Jahr von einander verschieden waren. Aber erst 75 Jahre später versuchte es Clairaut, diese Störungen der Analyse zu unterwerfen. Die Kometen scheinen selbst noch eine andere Art von Störung zu erleiden, dergleichen wir bei den Planeten noch kein Beispiel gefunden haben. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Räume, welche die Körper unseres Sonnensystems von einander trennen, mit einer äusserst feinen und durchsichtigen Materie erfüllt sind, und dass die Körper, wenn sie sich in diesem Aether bewegen, von demselben einen Widerstand erfahren. Bei den Planeten, diesen dichten und festen Kugeln, wird ein solcher Widerstand ohne Zweifel nur sehr gering sein können, wie wir denn auch bisher durch keine Beobachtung die Existenz desselben nachzuweisen vermögen. Allein die Kometen, diese ungemein ausgebreiteten und aus einem so lockeren

Gewebe bestehenden Körper, würden allerdings einen viel grösseren Widerstand von jenem Mittel erleiden können. Man hat eine solche Bewegung im widerstehenden Mittel der Analyse unterworfen und gefunden, dass, wenn dieses Mittel eine sehr geringe Dichtigkeit, und die elliptische Bahn des Kometen eine sehr kleine Excentricität hat, die grosse Axe der Ellipse immerwährend abnehmen, also auch die Umlaufszeit des Kometen kleiner, die Winkelgeschwindigkeit desselben aber immer grösser werden müsste, während die Excentricität der Bahn und die Lage der grossen Axe periodischen Abwechslungen unterworfen sein würden, die sich mit jedem Umlaufe des Kometen um die Sonne wieder herstellen. Diese immerwährende Abnahme der grossen Axe würde daher eine beständige Annäherung des Kometen zur Sonne und ein endliches Zusammenfallen beider Körper zur Folge haben. Encke hat bei dem nach ihm benannten Kometen von 1200 Tagen Umlaufszeit in der That eine solche Verkürzung der Revolution bemerkt und dadurch Veranlassung gegeben, auf diesen bisher ganz vernachlässigten Gegenstand eine grössere Aufmerksamkeit zu wenden (*II.* §. 159 u. ff.), welche denn auch bereits beim Faye'schen Kometen zu einer weiteren Bestätigung führte (*II.* §. 165).

§. 114. (Unveränderliche Grössen im Sonnensystem.) Wir haben bisher gesehen, wie durch die Wirkung der allen Körpern unseres Sonnensystems gemeinsamen Anziehung keiner derselben in absoluter Ruhe, wie vielmehr alles in gegenseitiger, oft durch viele Ursachen zugleich mannigfaltig modificirter Bewegung sich befindet; wie die Ebenen, auf welche wir alle Lagen der himmlischen Körper beziehen, die Ekliptik und der Aequator, ja wie selbst die Punkte dieser Ebenen, von welchen wir diese Lagen zu zählen anfangen, die Aequinoktialpunkte der Himmelssphäre, ähnlichen, immerwährenden Aenderungen unterliegen. Zwar sind wir dahin gelangt, von allen diesen Veränderungen strenge Rechenschaft zu geben und zu zeigen, dass diese bloss scheinbaren Unordnungen nur eine Folge, ein unmittelbarer Ausfluss desselben Gesetzes der allgemeinen Schwere sind. Aber je schwerer die Aufgabe, deren Lösung hier der menschliche Geist unternommen und in ihren Hauptpunkten wenigstens glücklich zu Ende geführt hat, je grösser und verworrener das Gewühl aller dieser beinahe unübersehbaren Körper ist, das uns von allen Seiten umgibt, desto wünschenswerther muss es uns erscheinen, in diesen zahllosen und sich so wunderbar durchkreuzenden Bewegungen wenigstens einige Dinge aufzufinden, die an dem ewigen Wechsel keinen Theil nehmen, die mitten in diesem beständig auf- und niederwogenden Meere in absoluter Ruhe bleiben, und an die wir daher, als an fixe Punkte, alle anderen anknüpfen und an denen wir die Bewegungen derselben abmessen können.

Wir kennen bisher drei solcher konstanten, und, wie es scheint, für immerwährende Zeiten unveränderlichen Dinge: die Lage der Drehungsaxe der Erde, die Länge des Tages und die mittlere Entfernung der Erde und aller Planeten von der Sonne. Wir wollen diese drei Gegenstände nach der Reihe näher betrachten.

§. 115. (I. Stabilität der Erdaxe.) Die Tiefe unserer Meere beträgt, den darüber angestellten Versuchen zu Folge, nur einen sehr geringen Theil des Halbmessers der Erde, wie auch schon daraus hervorgeht, dass dasselbe so grosse Strecken des Festlandes unbedeckt gelassen hat.

Die grösste bisher beobachtete Meerestiefe von 46236 engl. Fuss fand Captain Denham im südlichen atlantischen Ocean zwischen Rio de Janeiro und dem Kap der guten Hoffnung, während schon die Abplattung der Erde über drei Meilen oder gegen 70000 Fuss beträgt. Obschon es sehr wahrscheinlich ist, dass dieses Meer, in der Vorzeit wenigstens, zuweilen einen grossen Theil des Continents bedeckt hat, wie auf den höchsten Bergen zurückgelassene Spuren zeigen, so konnte dasselbe doch, eben wegen seiner geringen Tiefe, oft grosse Strecken bedecken und wieder verlassen, ohne jene gewaltsamen Revolutionen zu bewirken, für welche mehrere Geologen sogar eine Versetzung des Aequators in die Gegenden, welche jetzt die Pole einnehmen, zu Hülfe gerufen haben. Man hat diese extravaganten Hypothesen ausgedacht, um dadurch die Ueberreste von Thieren der Tropenländer, die man in den kalten Zonen fand, zu erklären. So wurde im Jahre 1771 an dem sandigen Ufer des Flusses Wilhui in Sibirien ein ganz gut erhaltenes Rhinoceros einige Fuss tief unter der Erde entdeckt, dessen Haut noch nicht von der Verwesung ergriffen war, und im Jahr 1799 wurde am Ausflusse der Lena ein ungewöhnlich grosser Elephant, in einen Eisblock eingeschlossen, gefunden, dessen Fleisch noch so frisch gewesen sein soll, dass die Jakuten ihre Hunde damit füttern konnten. Diese und ähnliche Erscheinungen wollte man aus einer solchen Versetzung des Aequators, der früher durch jene Gegenden gegangen sein soll, und durch den dadurch verursachten Sturz des Weltmeers von Süd nach Nord erklären, ohne zu bedenken, dass diese Thiere unmittelbar nach ihrem Tode hätten einfrieren müssen, um vor der Fäulniss bewahrt zu bleiben.

Eine solche plötzliche Versetzung des Aequators der Erde könnte nur von irgend einer fremden äussern Kraft gekommen sein, und man sieht da nichts, als etwa einen Kometen, der in der Vorzeit mit der Erde zusammengetroffen sein mag. Allein wir haben bereits oben gezeigt, wie unwahrscheinlich ein solches Zusammentreffen, und wie noch viel unwahrscheinlicher eine so bedeutende Folge dieses Konfliktes ist, da die Massen aller Kometen so ungemein klein sind.

Aber ist es nicht möglich, dass vor Zeiten auch in dem gegenwärtigen Klima Sibiriens Elephanten in der That gelebt haben? — Der an der Lena gefundene war allerdings, seiner Grösse und Gestalt nach, denen gleich, die wir noch jetzt im südlichen Asien finden. Seine beiden Hauzähne hatten neun Fuss Länge, und sein Kopf wog vier Centner. Allein seine Haut war mit einer dichten braunen Wolle bedeckt, aus der starke, schwarze Haare hervorragten, und der Hals des Thieres war mit einer löwenartigen Mähne besetzt. Eben so war die Haut jenes Rhinoceros mit steifen, drei Zoll langen Borsten oder Haaren bedeckt. Unter einem solchen Pelze konnten diese Thiere das Klima Sibiriens sehr wohl ertragen, während ihres Gleichen in Indien, wenn sie das anders sind, jene strenge Kälte nicht ertragen würden. Uebrigens wandern auch diese Thiere des Südens zur Sommerzeit oft sehr weit gegen Norden hin, und man sieht den sogenannten Königstiger Indiens seine Exkursionen bis an den westlichen Abhang des Altaiberges, nahe bei Barnaul (53° nördlicher Breite) ausdehnen. Dasselbe konnte auch in der Vorzeit mit den Elephanten geschehen sein, und dann war ein Einsinken desselben im leichten Grunde, oder ein Erdfall mit einer darauf folgenden strengen Kälte schon hinreichend, diese Thiere zu begraben

und ihre Körper vor der Verwesung zu schützen, ohne erst die Pole der Erde aus ihren Angeln zu heben. Auf eine ähnliche Weise wollte auch Halley die Kälte in Nordamerika erklären, die nach dem Zeugnisse aller Reisenden viel grösser ist, als in denselben Breiten Europa's. Nach seiner Ansicht wurde der Pol der Erde, der früher in der Nähe der Hudsonsbay gelegen war, durch den Stoss eines Kometen in diejenige Gegend, die er jetzt einnimmt, versetzt, und die einer so grossen Kälte ausgesetzte Gegend des früheren Nordpols hat seitdem noch keine Zeit gehabt, sich zu erwärmen. Allein die beobachtete Kälte Amerika's gilt nur von der östlichen Seite, während man auf der westlichen Küste des grossen Oceans diese Differenz nicht mehr bemerkt. Aber wohl tritt dieselbe Erscheinung wieder im nordöstlichen Asien hervor, wo eine viel strengere Kälte herrscht, als unter derselben Breite in Europa, so dass sowohl in der alten, als auch in der neuen Welt der östlichere Theil bei weitem der kältere ist.

Ueberhaupt sind diese Versetzungen der Pole, so oft man sie auch bei geologischen Erklärungen zu Hülfe gerufen hat, und zwar nicht nur jene gewaltsamen und plötzlichen, sondern selbst geringe und langsam fortschreitende Veränderungen derselben, durch nichts erwiesen, und mit den Beobachtungen, so wie mit der Theorie in direktem Widerspruche. Seit der Zeit, wo man durch die Erfindung der Fernröhre die Polhöhen so vieler Orte mit grosser Genauigkeit bestimmt hat, wurde auch nicht an einem derselben eine Aenderung bemerkt, die grösser wäre, als die bisher noch unvermeidlichen Beobachtungsfehler. Das die Erde zum Theil bedeckende Meer stört die Lage der Erdaxe so wenig, dass es vielmehr, durch seine grosse Beweglichkeit, der Erde erst den sichern und dauernden Zustand des Gleichgewichts gibt, der sonst, bei einer ganz starren Masse der Erde, durch die kleinste äussere Einwirkung schon gestört werden könnte.

§. 116. (Freie Axe der Rotation.) Wir haben bereits oben (*I.* §. 21) von der Schwungkraft gesprochen, durch welche jedes Element eines Körpers, der sich um eine gerade Linie als um seine Axe dreht, sich in senkrechter Richtung von dieser Axe zu entfernen strebt. Da aber die Elemente durch den Zusammenhang des Körpers an diesem Entfernen gehindert werden, so entsteht daraus ein Druck auf die Rotationsaxe. Dieser Druck liegt, so wie die Centrifugalkraft, in der Richtung der Linie, die von dem Elemente senkrecht auf die Axe gezogen wird, und ist offenbar desto grösser, je grösser diese Linie, d. h. je weiter das Element von der Rotationsaxe absteht. Ist nun der Körper, in Beziehung auf diese Axe, nicht zu allen Seiten derselben symmetrisch gestellt, so wird dieser Druck ein Wanken der Rotationsaxe und eine Störung der sonst gleichförmigen Drehung des Körpers erzeugen. Ist aber der Körper so gebaut und die Rotationsaxe durch ihn so gestellt, dass jedem Elemente desselben, auf der einen Seite der Axe, ein anderes gleich grosses und gleich entferntes auf der andern Seite derselben entspricht, so wird zwar jedes dieser Elemente einen Druck auf die Axe erzeugen, aber beide Pressungen werden erstens gleich gross, und zweitens einander in ihrer Richtung entgegengesetzt sein, d. h. beide Pressungen werden sich gegenseitig aufheben, und die Axe wird durch dieses Elementenpaar keinen Druck erleiden. Da dasselbe von jeden zwei anderen eben so gegen einander gestellten Elementen gilt, und da, der

Voraussetzung gemäss, der ganze Körper nur aus solchen Elementenpaaren besteht, so wird auch die Drehungsaxe eines solchen Körpers von keinem Elemente desselben einen Druck erleiden, oder sie wird eine sogenannte freie Axe sein. Für eine Kugel z. B. sind alle Durchmesser derselben solche freie Axen, und eben so ist für ein Ellipsoid, das durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse oder kleine Axe entsteht, diese grosse oder diese kleine Axe eine freie, weil in der That alle auf diese Ratationsaxe senkrechten Schnitte des Ellipsoids Kreise sind, deren Mittelpunkte sämmtlich in dieser Axe liegen, wie diess bei der Kugel für jeden ihrer Durchmesser der Fall ist.

Weitere geometrische oder vielmehr mechanische Untersuchungen haben gezeigt, dass jeder Körper, so unregelmässig er auch geformt sein mag, immer wenigstens drei solche freie Axen habe, und dass sich dieselben in dem Schwerpunkte des Körpers in unter einander senkrechten Richtungen durchschneiden. Bei der Kugel sind, wie gesagt, alle Durchmesser derselben freie Axen, und bei dem soeben erwähnten Ellipsoid ist nicht nur diejenige Axe, um welche die Ellipse gedreht wird, sondern auch noch jeder Durchmesser des Aequators des Körpers eine freie Axe.

§ 117. (Anwendung auf die Erde.) Wenden wir das Vorhergehende auf die Erde oder überhaupt auf die Planeten an, die zur Zeit ihrer Entstehung wahrscheinlich die Gestalt einer Kugel hatten. Der primitive Stoss, dem sie ihre Bewegung verdanken, gab ihnen eine Rotation um einen ihrer Durchmesser, d. h. also um eine freie Axe. Durch die so entstehende Rotation der Kugel wurde sie an ihren Polen abgeplattet, die Kugel wurde in ein Ellipsoid verwandelt, das durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entsteht. Dadurch hörte die ursprüngliche Drehungsaxe nicht auf, eine freie Axe zu sein. Die Planeten bewegen sich also um solche vollkommen freie Axen, die keinen Druck erleiden, daher sie auch ihre Rotation um diese, immer dieselbe Lage beibehaltenden Axen, ungestört und ohne Ende fortsetzen. Ja diese Abplattung der Frde trägt selbst wesentlich dazu bei, jene Rotationsaxe immer in derselben Lage zu erhalten, da sie, wenn sie auch durch äussere Kräfte etwas aus ihrer Richtung gelenkt werden sollte, eben durch diese Abplattung sogleich wieder in ihre frühere Lage zurückgebracht werden müsste, während im Gegentheile, wenn die grosse Axe der erzeugenden Ellipse die Rotationsaxe des Körpers geworden wäre, schon die geringste Störung derselben hinreichend gewesen sein würde, diese Axe immer mehr von ihrer früheren Lage zu entfernen, ohne sie je wieder in ihre erste Stellung zurückführen zu können.

§. 118. (II. Unveränderlichkeit des Tages aus den Umlaufszeiten.) Dieselben Gründe, welche wir so eben für die Unveränderlichkeit der Lage der Erdaxe angegeben haben, sprechen auch für die gleichförmige Rotation der Erde um diese Axe, d. h. für die Unveränderlichkeit der Länge des Tages. Zunächst haben die Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne die so aus theoretischen Gründen vermuthete Unveränderlichkeit des Sterntages (*I.* §. 151) bestätigt.

Die alten Griechen haben die Bestimmung dieser Umlaufszeiten (*I.* §. 122) mit einer so grossen Genauigkeit vorgenommen, dass wir, nach so viel tausend neuen, mit den besten Instrumenten angestellten Beobachtungen, nichts Wesentliches daran zu ändern gefunden haben.

Da diese Umlaufszeiten, wie wir bald sehen werden, selbst für alle Zeiten unveränderlich sind, so müssen wir annehmen, dass auch die Länge der Tage, in welchen jene Umlaufszeiten ausgedrückt werden, seit jener bis auf unsere Zeit, keine Aenderung erlitten hat, weil sich diese sofort in den Revolutionen der Planeten gezeigt haben würde. Wenn unser Tag um eine Sekunde kleiner oder grösser wäre, als der zur Zeit der Griechen, so würden wir z. B. die Revolution Jupiters, welche die Alten gleich 4332.585 Tage fanden, um 0.05 Tage oder um eine Stunde und zwölf Minuten anders finden, während wir doch in unseren neuesten Bestimmungen kaum einige Sekunden von jener Date abweichen.

Man hat geglaubt, dass die Passatwinde, welche zwischen den Wendekreisen beständig von Ost nach West ziehen, oder dass das Herabsteigen des Polar-Eises gegen den Aequator, und andere Versetzungen grosser Massen auf der Oberfläche der Erde oder des Meeres, dass Erdbeben, Vulkane u. dgl. die Geschwindigkeit der Rotation derselben verändern könnten. Allein eine nähere Betrachtung dieses Gegenstandes hat diese Zweifel zerstreut, und man kennt durchaus keine Ursache, welche grossen Theilen der Erdmasse so beträchtliche Ortsveränderungen geben könnte, um dadurch die Länge des Tages auf eine uns merkbare Weise zu stören.

Demungeachtet fehlt es nicht an denkbaren Ursachen, welche die Länge unseres Tages verändern könnten, wenn auch in so geringem Masse, dass wir selbst mit unseren heutigen Beobachtungsmitteln erst im Laufe von Jahrhunderten diese Veränderung wirklich nachzuweisen im Stande wären. Schon Laplace hat auf eine solche Ursache hingewiesen, die Hansen durch seine Untersuchungen der Mondsbewegung in der neuesten Zeit wieder hervorzuheben sich bestimmt fand. Wir hatten schon öfter Gelegenheit von dem dünnen elastischen Mittel, dem »Aether«, zu sprechen, mit welchem höchst wahrscheinlich der Weltraum erfüllt ist. Dieser Aether nun müsste unter anderem vermöge der Rotation der Himmelskörper eine Reibung an ihren Oberflächen bewirken, die unvermeidlich eine Verzögerung jener Rotation zur Folge hätte. Ebenso geschehen die Bewegungen der Ebbe und Fluth in den Meeren wie in den Atmosphären mit Reibung, die nothwendig einen Verlust an lebendiger Kraft (*II.* §. 11) bewirken muss, der, wie J. R. Mayer und Helmholtz zuerst nachwiesen, im Laufe der Zeiten die Axendrehung der Planeten verlangsamen muss. So gering auch diese und andere, von Hansen angedeutete Veränderungen wären, müssten dieselben doch in den Beobachtungen des Mondes sich kundgeben. Wir haben nämlich oben (§. 77) gefunden, dass die mittlere Bewegung unseres Satelliten seit undenklichen Zeiten immer schneller wird und dass dadurch die Länge des Mondes in t Jahrhunderten um 12.18tt Sekunden zunimmt. Der hauptsächlichste, bisher allein in Rechnung gezogene Grund dieser säculären Acceleration der Mondsbewegung ist, wie dort ausgeführt wurde, die Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn. Von diesem Standpunkte aus hat Hansen den erwähnten Werth $12''.18tt$ bestimmt. Mit dieser Date werden einstweilen die alten wie die neuen Beobachtungen dieses Gestirnes dargestellt. Sollten nun noch andere Einflüsse als die Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn wirklich existiren, so könnte jener Werth nicht für alle Zeiten genügen. Wenn z. B. der

Sterntag in 2000 Jahren nur um $0^s.01$ sich verlängerte, so würde ein Jahrhundert, das 36525 Tage zählt, am Ende jener 2000 Jahre 365^s mehr als am Anfange jener Periode umfassen. In dieser Zeit von 365^s bewegt sich aber der Mond durch mehr als 3 Bogenminuten, um welche Grösse also die Länge des Mondes nach jenen 2000 Jahren in jedem Jahrhunderte grösser ausfallen müsste als dieselbe aus der Zahl $12''.18tt$ folgt. Unsere Nachkommen daher werden die Frage mit aller Entschiedenheit beantworten können, ob die säculäre Aenderung der Mondsbewegung nur von der Excentricität der Erdbahn oder noch von anderen Dingen abhängt.

§. 119. (III. Unveränderlichkeit der grossen Axen der Planetenbahnen.) Wir haben oben (§. 81) die säculären Störungen der Planeten betrachtet und die Aenderungen angegeben, welche, durch den gegenseitigen Einfluss dieser Körper, die Neigung und die Lage ihrer Knoten sowohl, als auch die Excentricität und die Länge der Apsidenlinie ihrer Bahnen erleiden. Wir haben daselbst gesehen, dass diese Grössen sämmtlich veränderlich sind und zwischen bestimmten Grenzen in sehr grossen Perioden von mehreren Jahrtausenden hin und wieder gehen, die Apsiden allein ausgenommen, die in keine solche Grenzen eingeschlossen sind und in der Folge der Zeiten ihren ganzen Kreis um die Sonne zurücklegen.

Allein es gibt noch ein anderes und sehr wichtiges Element dieser Bahnen, von dessen säculären Störungen wir bisher noch nicht gesprochen haben. Die grosse Axe der Bahn, oder die sogenannte mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne hängt, wie das dritte Gesetz Kepler's (*I.* §. 143) zeigt, unmittelbar mit der Umlaufszeit desselben um die Sonne zusammen, so dass beide zugleich wachsen oder abnehmen müssen.

Welche Folgen würde nun eine solche Zu- oder Abnahme dieses Elementes nach sich ziehen? — Es ist leicht einzusehen, dass eine Aenderung desselben, auch die geringste, wenn sie einmal statthat, nicht mehr in einem periodischen Wachsen und Abnehmen bestehen kann, sondern dass sie, ihrer Natur nach, immer in demselben Sinne fortgehen und sich mit der Zeit anhäufen muss. Ein solcher Planet, dessen mittlere Entfernung sich auch nur einen Augenblick ändert, wird daher immerwährend der Sonne näher kommen oder sich immer weiter von ihr entfernen, und jeder von diesen beiden Fällen wird ohne Zweifel von dem grössten und wichtigsten Einflusse auf den Planeten und die ihn bewohnenden Geschöpfe sein.

Wir haben oben (§. 54) gesehen, dass es von der Geschwindigkeit in seiner ursprünglichen Entfernung von der Sonne abhängt, ob die Bahn des Planeten eine Ellipse, oder eine Hyperbel ist. In jener krummen Linie wird er eine geschlossene, in sich selbst wiederkehrende Bahn um die Sonne beschreiben: in dieser aber, so wie in der Parabel wird er, wenn er einmal sein Perihelium zurückgelegt hat, sich immer weiter von der Sonne entfernen und endlich die Anziehungssphäre derselben gänzlich verlassen, und in fremde Fixsternsysteme eintreten, ohne je wieder zu unserem Systeme zurückzukehren. Wenn nun auch ein Planet vermöge seiner anfänglichen Geschwindigkeit, die er in einer bestimmten Entfernung von der Sonne erhalten hat, eine Ellipse beschreibt, so wird er doch, wenn seine mittlere Distanz sich ändert, und er das nächstemal wieder zu derselben Entfernung von der Sonne gelangt, eine ganz

andere Geschwindigkeit haben, mittelst welcher er fortan auch eine ganz andere Bahn um die Sonne beschreiben muss. So bewegt sich z. B. Jupiter in seinem Perihelium während einer Sekunde durch 1.85 Meilen, während Saturn in seiner Sonnennähe während derselben Zeit nur 1.38 Meilen zurücklegt. Diese beiden Geschwindigkeiten sind zugleich ihre anfänglichen gewesen, wenn anders diese Planeten im Perihelium entstanden. Wenn aber Saturn in dieser seiner kleinsten Entfernung von der Sonne einmal die erwähnte Geschwindigkeit Jupiters haben sollte, so würde die früher elliptische Bahn Saturns in eine Parabel übergehen und daher sich immer weiter von der Sonne entfernen, und er würde sammt seinen Monden endlich ganz aus unserem Systeme verschwinden. Eben so könnte schon eine geringe Vergrösserung der anfänglichen Geschwindigkeit die Bahn eines Planeten, wenn sie auch keine Hyperbel wird, zu einer sehr excentrischen Ellipse machen und so den Himmelskörper ganz aus der Reihe der eigentlich sogenannten Planeten entfernen und ihn in dieser Beziehung unter die Kometen versetzen. Durch solche Erweiterung der Planetenbahnen würden diese Himmelskörper, die jetzt, durch so grosse Räume von einander getrennt, ihre Wege friedlich, und ohne einander bedeutend zu stören, zurücklegen, einander näher gerückt werden, sich auf ihren Bahnen begegnen, Unordnungen und selbst Zerstörungen verursachen und endlich das schöne Verhältniss, welches jetzt unter ihnen besteht, gänzlich aufheben und vielleicht das ganze System seiner Auflösung entgegenführen. Noch wichtiger würde eine Verminderung dieser Geschwindigkeit sein, da sie den Planeten der Sonne immer näher bringen und endlich ganz mit ihr vereinigen müsste. Der Planet würde nämlich, wenn die Tangentialgeschwindigkeit, mit welcher er jetzt nahe einen Kreis um die Sonne beschreibt, immer kleiner würde, von der immer mehr überwiegenden Centralkraft der Sonne auch immer mehr zu ihr hingezogen werden, er würde in stets engeren Windungen und mit stets wachsender Winkelgeschwindigkeit eine Spirale um die Sonne beschreiben und endlich auf sie stürzen.

§. 120. (Geschichte dieser Entdeckung.) Durch eine sehr merkwürdige Einrichtung unseres Sonnensystems ist diesen beiden Extremen dadurch vorgebeugt worden, dass die grossen Axen, also auch die Umlaufszeiten sämmtlicher Planeten um die Sonne, eine für alle Zeiten konstante und unveränderliche Grösse sind.

Der berühmte Geometer Lagrange hat nämlich die Entdeckung gemacht, dass, wenn man in dem durch die Rechnung gegebenen allgemeinen analytischen Ausdruck der säculären Störungen der grossen Axe eines Planeten diejenigen Zahlen substituirt, welche den einzelnen Planeten zukommen, alle Glieder dieses Ausdrucks sich aufheben, woraus folgt, dass diese grosse Axe selbst, durch die Einwirkung der anderen Planeten, keine Störung leidet, oder dass sie, und unter allen Elementen der Bahn sie allein unveränderlich ist. Laplace hat diese Theorie noch weiter ausgebildet, und Poisson hat erst in unseren Tagen gezeigt, dass diese Unveränderlichkeit der grossen Axen der Bahnen oder der mittleren Bewegungen der Planeten auch dann noch statthat, wenn man bei den Berechnungen der Störungen derselben auf die kleinen Glieder Rücksicht nimmt, die man bisher vernachlässigen zu können glaubte. Zwar fand der letzte, dass der analytische Ausdruck der grossen Axe einige Glieder enthält, die eine säculäre Veränderung derselben

darstellen, aber auch zugleich, dass diese Glieder so ungemein klein sind, dass sie noch viele Jahrtausende hindurch den schärfsten Beobachtungen unmerklich sein werden.

§. 121. (Erklärung dieser Erscheinung.) Durch welches Mittel aber hat die Natur diesen für die Erhaltung ihres Werkes so wichtigen Zweck erreicht? — Durch eine Einrichtung, die auf den ersten Blick eben so geringfügig als zufällig erscheint.

Die Umlaufszeiten aller Planetenbahnen sind unter sich incommensurabel, d. h. es gibt auch nicht zwei solcher Umlaufszeiten, die sich zu einander genau, wie zwei ganze Zahlen verhalten. — Diess ist das Geheimniss, diess ist der feine Faden, an welchen die Natur die Dauer des Planetensystems geknüpft hat.

Die Umlaufszeit Jupiters z. B. beträgt nahe 4333 und die des Saturn 10759 Tage, und diese beiden Zahlen verhalten sich beinahe wie 2 zu 5. Wenn sie sich aber genau wie 2 zu 5 verhielten, wenn z. B. die erste 4312 und die zweite 10780 Tage betrüge, so würde daraus eine immer weiter gehende Aenderung der Axen dieser beiden Planetenbahnen entstehen: die eine derselben würde zu- und die andere abnehmen, und die Folge davon würde eine endliche Zerstörung dieser beiden grössten Planeten unseres Sonnensystems sein. In der That hat auch schon der Umstand, dass diese beiden Umlaufszeiten sich nur beinahe, wie die Zahlen 2 und 5 verhalten, die Folge, dass diese beiden Planeten von einander eine viel grössere Störung, die bei Saturn bis auf 2950 Sekunden geht, erleiden, als man bei allen anderen Planeten findet, und diese Störung würde noch viel grösser sein, wenn jenes Verhältniss dem der Zahlen 2 zu 5 noch näher wäre, ja sie würde wie gesagt endlich in ein immerdauerndes Wachsen der Axe der Jupitersbahn, und in eine stets abnehmende Entfernung Saturns von der Sonne übergehen, wenn jenes Verhältniss vollkommen hergestellt wäre. Wir haben bereits oben (§. 73) von den aus dieser Quelle entspringenden grossen Störungen dieser beiden Planeten gesprochen und gezeigt, dass sie in bestimmte Grenzen eingeschlossen sind, zwischen welchen sie während einer Periode von 930 Jahren auf und nieder gehen. Je näher die Umlaufszeiten dieser Planeten jenen Verhältnissen kämen, desto mehr würden sich diese Grenzen sowohl, als auch die Dauer dieser Periode erweitern, bis endlich die Zügel, welche die beiden grössten Himmelskörper unseres Systemes in ihren Bahnen gehalten haben, nachgeben, und das Ganze seinem unvermeidlichen Untergange entgegeneilen müsste.

§. 122. (Die Erde war anfänglich in einem flüssigen Zustande.) Die vorhergehenden Betrachtungen über die wenigstens einstweilen anzunehmende Unveränderlichkeit der Länge des Tages stehen noch mit einem andern Gegenstande in naher Verbindung, der zu interessant ist, als dass er hier ganz übergangen werden könnte.

Wir hatten schon öfter Gelegenheit zu erwähnen, dass unsere Erde zur Zeit ihrer Entstehung in einem Zustande der Flüssigkeit gewesen ist. Die Abplattung derselben an ihren Polen ist dafür ein hinlänglicher Beweis. Wäre die Erde ursprünglich ein fester Körper gewesen, so würde sie, ihrer Rotation ungeachtet, ihre erste Gestalt im Allgemeinen beibehalten haben. Die Theorie zeigt uns bei der gegebenen Grösse der Erde und der Geschwindigkeit ihrer Rotation — vorausgesetzt, dass

sie anfangs flüssig war, — nicht nur die Grösse ihrer Abplattung, sondern auch die sphäroidische Gestalt ihrer Oberfläche, und die Resultate dieser Theorie stimmen zu wohl mit unsern Beobachtungen, mit unsern Meridianvermessungen und Bestimmungen von Pendellängen zusammen, als dass man an der Richtigkeit der Voraussetzung, worauf jene Theorie gebaut ist, weiter zweifeln könnte.

§. 123. (Ursache dieses ursprünglichen Zustandes der Erde.) Welches ist aber die Ursache dieses ursprünglichen Zustandes unserer Erde? — In der Antwort auf diese Frage haben sich unsere Geologen von jeher in zwei Klassen getheilt, die sich, wie es bei allen Spaltungen, welche auf Meinungen beruhen, zu geschehen pflegt, nicht immer sehr freundlich begegneten. Die Neptunisten behaupteten, dass zur Zeit der Entstehung der Erde die festen und flüssigen Theile unter einander gemengt, dass jene durchaus im Wasser aufgelöst gewesen sind, und dass die feste Rinde und überhaupt alle soliden Theile der Erde, die wir jetzt auf derselben bemerken, nur auf dem Wege der Austrocknung und der Präcipitation, des Bodensatzes, erhalten werden konnten. Die Plutonisten im Gegentheile wollten von allen diesen Auflösungen und Niederschlägen nichts wissen, und erklärten den in der Vorzeit flüssigen Zustand der Erde, den beide Parteien als eine Thatsache zugeben müssen, für eine Folge des Feuers oder der hohen Temperatur, mit welcher anfänglich die ganze Erde durchdrungen gewesen sei, und welche sich, seit so vielen Jahrtausenden, gegen den Mittelpunkt der Erde zurückgezogen habe, während die äusseren Theile derselben erkalteten, erstarrten und dadurch in den festen Zustand geriethen, in welchem wir sie jetzt erblicken.

Diese beiden Parteien stritten lang und heftig genug, aber die Beweise, welche sie für und gegen die aufgestellten Meinungen vorbrachten, waren nicht der Art, um die Sache zu entscheiden und den langen Kampf zu einem glücklichen Ende zu führen. Zu diesem Zwecke gab es nur ein Mittel: die Spuren jenes Centralfeuers aufzusuchen, welche doch wohl zu finden sein mussten, wenn anders die Hypothese der Plutonisten gegründet sein sollte.

§. 124. (Centralfeuer der Erde.) Man weiss, dass in einer mässigen Tiefe unter der Oberfläche der Erde, in unsern Kellern z. B., die Temperatur den ganzen Tag und das ganze Jahr immer unverändert dieselbe ist. Aber in grösseren Tiefen? — Auch darüber hat man lange genug gestritten, ob in diesen grösseren Tiefen die Temperatur sich ändere, und wenn sie diess thut, in welchem Verhältnisse sie es thue. Das Eintreten der äusseren Luft in unsere Bergwerke, die Luftzüge, die daselbst herrschen, selbst das Verweilen mehrerer Menschen in denselben, verbunden mit den Schwierigkeiten der Beobachtung, alles erregte Zweifel und liess lange zu keinem feststehenden Resultate gelangen. Endlich wurde es durch zweckmässig angestellte Versuche in unsern Minen ausgemacht, dass die Temperatur der Erde mit der Annäherung zu ihrem Mittelpunkte steige, und zwar in allen Breiten und zu allen Jahreszeiten nahe um einen Grad Réaumur für je 60 Fuss Vertiefung. Nachdem diese Thatsache einmal über alle Zweifel erhoben war, war auch das Recht der Plutonisten hergestellt, da diese Erscheinung, deren Dasein nicht weiter geleugnet werden konnte, nicht anders, als durch eine sehr hohe Temperatur im Mittelpunkte der Erde sich erklären liess, die sich all-

mählich gegen diesen Punkt zurückgezogen habe, während die anfangs flüssige Oberfläche derselben durch Abkühlung erhärtete.

Diese Abkühlung, welche bisher bloss auf die Oberfläche und die ihr zunächst liegenden Theile der Erde gewirkt hat, musste aber auch noch eine andere Wirkung, die sich über die ganze Erde erstreckte, gehabt haben. Alle Körper dehnen sich bekanntlich aus, wenn sie erwärmt werden, so wie sie sich wieder durch die Kälte zusammenziehen. Dasselbe musste also auch mit der Erde geschehen sein. Zu der Zeit ihrer Entstehung, wo sie von einem sehr hohen Grad der Temperatur durchdrungen war, muss sie auch viel grösser gewesen sein, als jetzt, sie muss sich durch die seit so vielen Jahrtausenden auf ihrer Oberfläche vorgegangene Abkühlung auf einen viel kleineren Raum zurückgezogen haben, als der ist, den sie ursprünglich eingenommen hat. Wir werden weiter unten noch einen anderen, wichtigern Grund für diese allmähliche Zusammenziehung der Erde finden. Dass aber die anfängliche Temperatur der ganzen Erde sehr hoch gewesen sein muss, wird man nicht leicht in Abrede stellen können, wenn man bemerkt, dass nach dem angegebenen Verhältnisse der Zunahme der Wärme in grösseren Nähen bei dem Mittelpunkte der Erde, für eine Tiefe von einer deutschen Meile unter der Oberfläche der Erde, die Zunahme der Temperatur schon 381 Grad Réaumur betragen müsse, bei welcher Hitze bereits das Blei im flüssigen Zustande sich erhält. In der Tiefe von $3\,{}^{7}/_{10}$ Meilen unter der Oberfläche der Erde würde Gold, und in einer Tiefe von 34 Meilen würde selbst Eisen und Platin schmelzen, und wahrscheinlich nimmt die Temperatur in grösseren Tiefen noch schneller zu, als in geringen, in welchen allein wir sie bisher zu beobachten Gelegenheit hatten, so dass man also mit Recht in dem Mittelpunkte der Erde auch jetzt noch eine ungemein grosse Hitze annehmen kann.

§. 125. (Wirkung der Abnahme der Temperatur der Erde auf ihre Rotation.) Diese mit der Zeit an Volum abnehmende kugelförmige Erde dreht sich aber um ihre Axe. Welches immer die Kraft gewesen sein mag, die diese Drehung hervorgebracht hat, ihre Wirkung auf die Rotation der Erde, d. h. die Geschwindigkeit dieser Rotation musste, nach dem Gesetze der Trägheit (§. 10) dieselbe bleiben, so lange die Grösse, das Volum der Erde gleich blieb. Aber eben dieses Volum nahm, durch die allmähliche Auskühlung der Erde, immerwährend ab, und was ist die Folge dieser Abnahme? — Offenbar eine Vermehrung der Geschwindigkeit, eine schnellere Drehung der Erde um ihre Axe. Ganz eben so wird ein Rad, mit derselben Kraft angestossen, sich desto geschwinder drehen, je kleiner dasselbe ist, und umgekehrt. — Die Erde muss also, wenn alles Vorhergehende richtig ist, sich jetzt schneller drehen, als in der Vorzeit, der Tag muss jetzt kürzer sein, als er ehedem gewesen ist, und wenn wir wissen könnten, wie viel der Tag kürzer geworden ist, so würden wir auch ein Mittel haben, zu messen, wie viel die Erde kleiner, ja selbst wie viel sie kälter geworden ist, als sie vor einer besimmten Anzahl von Jahrtausenden gewesen sein mag.

§. 126. (Diese Wirkung der Temperatur auf die Rotation der Erde ist unmerklich.) Diess würde uns demnach auf eine andere, so oft aufgeworfene Frage führen: ob es wahr ist, wie vorzüglich die älteren Leute so gern klagen, dass

unsere Sommer nicht mehr so warm sind, als sie in der Vorzeit gewesen sein sollen.

Es könnte sein, wenn nämlich der Tag jetzt in der That um vieles kürzer wäre, als er früher war. Allein wir haben oben (§. 118) gefunden, dass die Länge des Tages seit dem Anfange unserer Zeitrechnung kaum um den hundertsten Theil einer Sekunde kleiner geworden ist. — Nehmen wir an, dass die mittlere Temperatur der ganzen Erde, nicht bloss die der Oberfläche derselben, seit zwei Jahrtausenden um einen Grad des Réaumur'schen Thermometers sich vermindert habe. Nehmen wir noch an, dass die Masse, aus welcher die Erde besteht, sich im Allgemeinen nur so wenig als das Glas, d. h. um seinen hunderttausendsten Theil für jeden Grad des Thermometers ausdehne, dass also auch das ganze Volum der Erde seit jener Zeit um seinen hunderttausendsten Theil kleiner geworden sei. Die Mechanik lehrt uns, dass bei einer solchen Verkleinerung der Erdkugel die Geschwindigkeit der Umdrehung derselben um ihre Axe um ihren $^1/_{50000}$ Theil vergrössert, dass also auch der Tag von 86400 Sekunden um $^{86400}/_{50000}$, das heisst, um $1\,^7/_{10}$ Sekunde verkürzt würde. Allein wir dürfen, wie wir gesehen haben, höchstens eine Aenderung um den hundertsten Theil einer Sekunde annehmen, eine Grösse, die 170mal kleiner ist, als $1\,^7/_{10}$ Sekunden. Also ist auch die oben angenommene Abkühlung der Erde, ein Grad für 2000 Jahre, 170mal grösser, als man sie diesen Schlüssen gemäss voraussetzen darf, oder mit andern Worten: die mittlere Temperatur der Erde kann seit den letzten zwei Jahrtausenden noch kaum um den $^1/_{170}$sten Theil eines Grades Réaumur abgenommen haben. Die Klagen, welche unsere alten Leute, diese *laudatores temporis acti*, über die Abnahme der Wärme der Erde so gern anstimmen, sind daher ungegründet, so weit nämlich diese Abnahme von der seitdem stattgehabten Abkühlung der ganzen Masse der Erde, und von dem Zurückziehen jenes Centralfeuers gegen den Mittelpunkt der Erde kommen soll und so weit unsere bisherigen Beobachtungen reichen.

§. 127. (Temperatur der Oberfläche, Alter der Planeten.) Ganz anders aber verhält es sich mit der Oberfläche der Erde. Hier bewirkt nicht bloss jenes Centralfeuer, sondern auch die Gegenwart der Sonnenstrahlen, und zwar diese letzten in einem viel höheren Grad als jenes, die von uns auf dieser Oberfläche beobachtete Temperatur. Zwar behaupteten Mairan, Buffon und Bailly, dass der Beitrag, den dieses Centralfeuer zu der Temperatur der Oberfläche der Erde liefere, denjenigen, welcher von der unmittelbaren Wirkung der Sonnenstrahlen komme, im Sommer 30- und im Winter 400mal übertreffe. Diese Herren brauchten aber die Zahlen zur Unterstützung ihrer schönen Romane von der Atlantis, und von dem berühmten Urvolke, das vor undenklichen Zeiten in den Hochebenen des mittleren Asiens alle Wissenschaften, und besonders die Astronomie bis zu einem bisher unerreichten Grad der Vollkommenheit ausgebildet haben soll. Allein Fourier hat diesen Gegenstand nicht einer leeren Deklamation, sondern einer strengen Rechnung unterworfen, und gefunden, dass der Beitrag, den das Centralfeuer der Erde zu der auf der Oberfläche derselben herrschenden Temperatur liefert, gegenwärtig nur den dreissigsten Theil eines Grades Réaumur betrage. Diess ist also sehr weit entfernt, die so sorgfältig ausgeschmückten Träume jener Geologen zu bestätigen. Jene Centralwärme

der Erde, so gross sie auch in beträchtlichen Tiefen unter der Oberfläche derselben ist, hat sich doch schon so sehr gegen den Mittelpunkt zurückgezogen, dass sie die mittlere Temperatur der Oberfläche kaum mehr auf eine für unsere Instrumente merkbare Art vergrössert.

Das völlige Verschwinden dieses Centralfeuers, welches die Folge der Zeiten heraufführen wird, kann allerdings wesentliche Veränderungen unseres Wohnortes, aber ganz anderer Art herbeiführen als die, welche von der Einbildungskraft jener Schriftsteller besorgt werden. Saemann hat zuerst darauf hingewiesen, dass durch das Zurückweichen der inneren Erdwärme das Wasser der Oberfläche, welches jetzt noch in geringer Tiefe auf Temperaturen stösst, die es in Dampf verwandeln und daher grossentheils der Atmosphäre zurückstellen, immer tiefer eindringen und endlich völlig absorbirt werden wird. In gleicher Weise könnte auch die Luft nach und nach von der vertrockneten Oberfläche der Erde aufgesogen und so diese zuletzt in einen Zustand versetzt werden, in welchem wir den Mond wegen seines viel kleineren Volumen und des damit verbundenen weit rascheren Abkühlungsprocesses bereits erblicken. In merkwürdiger Uebereinstimmung mit diesen Ideen stehen Hansteen's Ansichten über das Alter der verschiedenen Planeten. Auf dem Monde nämlich gewahren wir, wie gesagt, keine Spur von Wasser oder Atmosphäre. Jupiter zeigt uns zwei seinem Aequator parallele Wolkenschichten, besitzt somit gewiss Wasser und Luft. Ebenso finden wir auf Saturn Spuren von Flüssigkeit und Dünsten. Auf Mars sieht man dunkle Gegenden von unveränderlicher Gestalt, umgeben von glänzenderen Partieen, welche die übrige Oberfläche der Kugel bilden und die wir uns als das, jenes Festland umfliessende Meer denken dürfen. Wahrscheinlich bietet die Erde, von Mars aus gesehen, einen ganz ähnlichen Anblick. Man könnte sich demnach den Mond als einen todten Himmelskörper, Erde und Mars als im kräftigsten Alter stehend, Jupiter und Saturn in einer noch unentwickelten Kindheit denken, was nach unseren früheren Betrachtungen mit dem relativen Umfange dieser Körper sich ziemlich vertrüge. Uebrigens, wenn die Erde bei ihrer Entstehung, wie es sehr wahrscheinlich ist, wirklich in einem Zustande der Incandescenz, die sich auch auf ihre Oberfläche erstreckte, gewesen ist, welche Reihe von Jahrtausenden mag erforderlich gewesen sein, diese Temperatur bis auf die heutige herabzubringen!

§. 128. **(Wirkung der Sonne auf die Temperatur der Erdoberfläche.)** Die Sonne ist daher bei weitem die vorzüglichste, man kann sagen die einzige Ursache der Temperatur, welcher sich die Oberfläche der Erde erfreut. Diese Wirkung der Sonne auf die Erde ist aber eine doppelte. Die erste ist periodisch und geht bloss zu einer Tiefe von nahe fünfzig Fuss. Hart unter der Oberfläche und noch mehr über derselben ist diese Wirkung täglichen sowohl, als auch jährlichen Variationen unterworfen, die wir an unseren sogenannten Tages- und Jahreszeiten erkennen. Diese Variationen nehmen mit der Tiefe ab, und fünfzig Fuss unter der Oberfläche sind sie schon nicht mehr bemerkbar. Die zweite Wirkung der Sonne auf die Erde fängt im Gegentheile erst mit der Tiefe von 100 Fuss an, fühlbar zu werden. Hier giesst die Sonne täglich ihre Wärme aus, die sich dann in diesen tiefen Gegenden sammelt und vorzüglich die dem Aequator nahen Orte durchdringt, aber von da auch allmählich zu den Polen hin sich verbreitet.

Von den Wärmestrahlen der Sonne, welche die Erde erreichen, gehen die einen durch die Atmosphäre und die Gewässer des Oceans, während andere von diesen Flüssigkeiten absorbirt und wieder andere von ihnen in den Weltraum zurückgeworfen werden. Dieser letzte, unermessliche Raum ist der Sammelplatz aller Wärme, die seit dem Anfange aller Dinge von den Himmelskörpern, von der Sonne, den Planeten und Kometen und von den Fixsternen ausströmte. Jeder dieser Körper hat seine ihm eigenthümliche, ursprüngliche Wärme, die er in Folge der Zeit durch Abkühlung immer mehr verliert. Aber auch jener Weltraum selbst, in welchem sich diese Körper bewegen, scheint seine eigene Wärme zu besitzen, die nicht bloss das Resultat jener Wärmeausstrahlung der Himmelskörper ist. Wenn dieser Raum ohne alle Wärme wäre, so würden die Pole unserer Erde ungeachtet der Ausgleichung, welche die Atmosphäre als gemeinschaftliche Hülle, ähnlich wie im Lichte auch in der Wärme bewirkt, einer ungemeinen Kälte ausgesetzt sein, die Temperatur von dem Aequator zu den Polen würde viel schneller abnehmen, die kleinsten Variationen in der Entfernung der Sonne von uns würden die Wärme auf der Oberfläche der Erde sehr stark ändern, und der Wechsel des Tages mit der Nacht würde einen plötzlichen, den meisten Thieren und Pflanzen unerträglichen Wechsel der Temperatur erzeugen. Da bei unserer Erde, wie wir gesehen haben, und wahrscheinlich auch bei den andern Planeten, die ursprüngliche Centralwärme beinahe keinen Einfluss mehr auf die Oberfläche äussert, so werden die Pole dieser Weltkörper nahe die Temperatur des Weltraumes haben, während die dem Aequator nahen Gegenden von der Sonne in einer viel höheren Temperatur erhalten werden. Aber für die äussersten Planeten unseres Systems, für Neptun z. B., ist ohne Zweifel der Einfluss der Sonne schon so gering, dass die Temperatur der ganzen Oberfläche eines solchen Planeten von jener des Weltraumes wohl nur unbedeutend verschieden sein wird.

§. 129. (Wirkung der Sonne auf andere Planeten.) Die Sonne ist also die Quelle, nicht nur der Bewegungen so vieler Planeten und Kometen, sondern auch des Lichtes und der Wärme, deren sich die Bewohner dieser Himmelskörper erfreuen. Ihr wohlthätiger Einfluss ist es, der die Thiere und Pflanzen belebt, welche die Erde bedecken, und die aller Wahrscheinlichkeit nach, wenn auch anders gestaltet und organisirt, auf den übrigen Planeten wieder gefunden werden. Wie dürfte man auch annehmen, dass die Natur, deren Fruchtbarkeit wir hier so sehr zu bewundern Gelegenheit haben, auf so viel grössern Planeten unthätig sein sollte, auf Jupiter z. B., der so, wie unsere Erde seine Tage und Nächte und seine Jahreszeiten hat, und auf dessen Oberfläche wir selbst in der grossen Ferne, die uns von ihm trennt, noch Veränderungen vorgehen sehen, die von einer ungemeinen Kraft und Thätigkeit der Natur in jenen Gegenden zeugen? Der Mensch allerdings ist nur für die Temperatur dieser Erde geschaffen, von der er kommt, und zu welcher er wieder zurückkehrt, aber anderen Himmelskörpern werden ohne Zweifel auch andere Organisationen nicht weniger angemessen sein. Wenn auf unserer Erde der einzige Unterschied des Klima schon so viele Abwechslungen in die Produckte derselben gebracht hat; welche noch viel grössere Verschiedenheiten dürfen wir bei allen diesen Planeten und den Satelliten derselben erwarten? Die lebhafteste Imagination kann sich

diese Variationen nicht mehr vorstellen, aber das Dasein derselben scheint dessenungeachtet nicht minder gewiss.

§. 130. (Ueberblick des Vorhergehenden.) Alles Vorhergehende zeigt, dass die Bewegungen unseres Sonnensystems sehr zusammengesetzt sind, und dass ein seltener Scharfsinn und die Vereinigung der höchsten geistigen Kraft aller Jahrhunderte nöthig war, diese Verwicklungen zu entziffern, und in dem Ganzen ein einziges, Alles beherrschendes Gesetz zu entdecken. Der Mond beschreibt eine beinahe kreisförmige Bahn um die Erde; allein, von der Sonne gesehen, scheint er eine Reihe von Epicykeln zu beschreiben, deren Mittelpunkte auf der Peripherie des grossen Kreises liegen, in welchem die Erde ihre jährliche Bahn um die Sonne vollendet. Aber auch diese Sonne bewegt sich in dem unermesslichen Weltraume und wird auf diesem Wege, wie der Mond von der Erde, von allen ihren Planeten und Kometen begleitet. Also auch diese Erde und alle Planeten beschreiben wieder andere Epicykeln, deren Mittelpunkte auf der Peripherie der Bahn liegen, welche die Sonne um den Schwerpunkt desjenigen Sternensystems zurücklegt, von dem sie selbst, mit allen ihren Begleitern, nur als ein kleiner, aber integrirender Theil zu betrachten ist. Diese Sonne selbst wieder beschreibt neue Epicykeln, deren Mittelpunkte auf der Bahn liegen, die der Schwerpunkt jenes Sternensystems um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt eines Aggregats von ähnlichen Systemen bildet, und so fort und fort ohne Ende, wie wir annehmen müssen und wie es allein der selbst unendlichen Natur würdig und ihr angemessen gedacht werden kann.

§. 131. (Gegenstände der Untersuchung für künftige Jahrhunderte.) Die Astronomie hat uns die Bewegung der Erde und die Epicykeln kennen gelehrt, die der Mond und die übrigen Satelliten um ihre Hauptplaneten beschreiben. Sie hat uns mit dem Gesetze, dem grossen Regulator aller dieser Bewegungen bekannt gemacht, und sie hat selbst die scheinbaren Störungen und Ausnahmen von diesem Gesetze wieder unter die Herrschaft desselben zurückgeführt. Grosse Schritte, fürwahr! — Aber wenn es volle sechs Jahrtausende, denn so lange etwa währt unsere Menschengeschichte, gebraucht hat, diese Bewegungen der Planeten und ihrer Satelliten zu erkennen, welche Zeit wird erfordert werden, um auch die Bewegungen der Sonne und die der Fixsterne zu bestimmen? Schon fangen die Beobachtungen an, uns wenigstens die Existenz derselben erkennen zu lassen. Die sogenannte Eigenbewegung der Fixsterne scheint, wenigstens theilweise, von einer Veränderung des Orts der Sonne im Weltraume zu kommen, und die erst seit Kurzem entdeckten Bewegungen der doppelten und vielfachen Sterne sind gleichsam die ersten Blicke des menschlichen Geistes jenseits der Grenze unseres Sonnensystemes, dessen Eigenschaften und Wunder uns bisher allein beschäftiget haben.

Aber selbst in diesem unserem Systeme, wie viel ist noch übrig, wie viele Arbeiten sind noch zu vollenden, die wir kaum angefangen haben! Die Satelliten Saturns sind uns nur wenig und die des Uranus beinahe ganz und gar nicht bekannt. Die Störungen der neu entdeckten Planeten, die sie durch Jupiter erleiden, sind so gross, dass die bisherige Entwicklung der Theorie der Perturbationen nicht mehr hinreicht, und dass neue Bereicherungen unserer Analyse erfordert werden, um die Bewegungen derselben mit der, unseren gegenwärtigen Beobachtungen

angemessenen Genauigkeit darzustellen. Auch die säculären Störungen der anderen Planeten werden erst in der Folge mit mehr Genauigkeit bestimmt werden, wenn wir zu einer genaueren Kenntniss der Massen dieser Himmelskörper gelangt sind. Die Theorie der Gestalt der Erde erwartet ebenfalls noch wichtige Verbesserungen, und ohne Zweifel wird einst ganz Europa mit einem grossen Netze von Dreiecken überzogen sein, die uns die Lage, Grösse und Krümmung dieses Welttheils in jedem Punkte kennen lehren werden. Zahlreiche und genaue Beobachtungen der Pendellängen an allen Orten der Erde, so wie der Ebbe und Fluth an allen Meeresküsten; die Entdeckung neuer und die genauere Bestimmung schon bekannter Kometen; die Berechnung der Störungen, welche diese Himmelskörper von den Planeten erleiden; der Einfluss, den die nächsten Fixsterne und vielleicht auch der Aether, in dem sich die Himmelskörper bewegen, auf die Planeten ausüben — alle diese und noch so viele andere Eigenschaften unseres Sonnensystemes müssen den Untersuchungen, dem Fleisse und der Einsicht der Nachwelt überlassen bleiben.

Und wenn sie einst diese Arbeiten vollendet haben wird, welche ganz neue Wege der Forschung werden sich ihr erst dann jenseits dieses unseres Sonnensystemes eröffnen! — Die Bestimmung der Entfernung der Fixsterne von einander und von der Sonne; die Bewegung der doppelten und vielfachen Sterne und die der Sterngruppen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt; die periodischen Lichtabwechslungen der sogenannten veränderlichen, und die wunderbaren Erscheinungen der neuen Sterne; ein vollständiges Verzeichniss aller Gestirne des Himmels, die genaue Bestimmung der Gestalt der Nebelflecken und der Veränderungen, welche die Zeit an ihnen erzeugt — diess sind die Gegenstände jenseits unseres Sonnensystems, mit denen sich unsere späten Nachkommen mit Nutzen und mit Freuden beschäftigen werden, so lange der Sinn für Wissenschaft und für Alles, was gut und gross ist, unter ihnen nicht erstirbt, und so lange der Genius der europäischen Kultur die Fackel nicht auslöscht, deren Strahlen uns bisher so wohlthätig geleuchtet haben.

Kapitel XII.

Ursprung des Weltsystems.

§. 132. (Bisher aufgestellte Geogonien.) Die Erde, die wir bewohnen, und selbst das ganze Sonnensystem, das uns von allen Seiten umgibt, ist ohne Zweifel nicht immer in dem Zustande gewesen, in dem wir es jetzt erblicken. Wie Alles, was wir um und selbst in uns bemerken, verschiedene Stufen seiner Ausbildung durchgeht, bis es den höchsten Gipfel derselben erreicht, von welchem es dann wieder allmählich zurückschreitet, und einer, wenigstens scheinbaren Vernichtung, einer

gänzlichen Umformung seines Wesens entgegengeht, so kann auch wohl der gegenwärtige Zustand unseres Sonnensystems nur eine der vielen Verwandlungen sein, die dasselbe durchzugehen hat, um den ihm von der Natur gesetzten Zweck zu erreichen.

Es kann nicht unsere Absicht sein, die Stufenleiter aller dieser vergangenen und künftigen Metamorphosen zu verfolgen, da deren nächste Sprossen schon so weit von uns abliegen, dass ein Unternehmen solcher Art für den menschlichen Geist nicht nur verwegen, sondern rein unmöglich erscheint. Dessenungeachtet können wir es uns kaum versagen, wenigstens einige Blicke rückwärts in die dunkle Nacht zu werfen, aus der Alles, was wir um uns sehen, aus der wir selbst hervorgegangen, und daselbst einige lichte Punkte aufzusuchen, die vielleicht dazu dienen können, unsern eigenen und den Stammbaum des ganzen grossen Hauses, dem wir angehören, wenn auch nicht bis zu seinen Wurzeln, doch bis zu den uns zunächst umgebenden Stellen etwas näher kennen zu lernen.

Diese Lust, seine Abstammung zu erfahren und sie auf so viele Generationen, als nur immer möglich, auszudehnen, diese dem menschlichen Geschlechte, wie es scheint, angeborene Sucht hat, nebst einer anderen bekannten Kaste, ganz besonders die Sekte der Geologen ergriffen. Ueber keinen Gegenstand hat man in unserer hypothesenreichen Zeit so viele, und man darf es kühn hinzusetzen, so alberne Theorien aufgestellt, als über die Entstehung der Erde. Nur die letzten Decennien haben ihrer mehr als ein halbes Hundert ausgebrütet, und man ist dabei auf eine Art zu Werke gegangen, dass man sich eigentlich nur darüber wundern muss, warum man nicht noch mehr, warum man in derselben Zeit nicht wenigstens Tausend und Eines dieser Mährchen zu Tage gefördert hat. Allerdings wagt man es in unserer Zeit nicht mehr, mit einem grossen Geologen des siebenzehnten Jahrhunderts, der auch zugleich ein grosser Theolog gewesen sein soll, zu behaupten, dass die grossen Zähne, die man an den Ufern des Ohio gefunden hat, die Backenzähne der gefallenen Engel sein sollen. Solche Behauptungen sind nicht mehr nach dem Geschmacke unserer Zeit, woraus aber im Geringsten nicht folgt, dass neuere Moden auch zugleich besser oder vernünftiger sind, als jene, denen wir kaum mehr ein gutmüthiges Lächeln schenken. Macht es doch der Quäker Burnett, aus der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, um kein Haar besser, als sein Vorgänger, und benimmt sich dabei so dreist, als ob er selbst bei der Schöpfungsgeschichte einer der allernächsten Zuschauer gewesen wäre. Woodward (1686) nahm, um die Revolutionen, welche die Erde in der Vorzeit erfahren hat, zu erklären, ohne weiters an, dass einige der ewigen Gesetze der Natur auf gewisse Zeit aufgehoben sein mussten, und er geht dabei so weit, dass man, um die Revolutionen, die in seinem eigenen Kopfe vorgegangen sein mögen, zu erklären, die nicht minder ewigen Gesetze des Denkens, wenigstens wieder auf einige Zeit, aufzuheben gezwungen wird. Dass endlich erst in unseren Tagen die Erde als ein lebendes Thier dargestellt wurde, mit Eingeweiden und Sinnen versehen, und allen animalischen Verrichtungen des Einathmens, der Verdauung, Absonderung u. f. unterworfen, wird unsern Lesern bekannt genug sein, um hier keiner weiteren Erläuterung dieser geistreichen Hypothese zu bedürfen. Wir wollen uns nicht damit befassen,

die Meinungen aller dieser Gelehrten hier umständlich anzuführen, und noch weniger, sie zu widerlegen, was auch, wenigstens in Beziehung auf sie selbst, unmöglich wäre. Man muss diese Leute nicht stören, man muss sie gewähren lassen, ja man soll sie vielleicht sogar um ihr Glück beneiden. Wir andern, die wir die Autokratie der sogenannten Vernunft anerkennen und an den Fesseln der Denkgesetze liegen, wir Armen sind gar nicht im Stande, zu begreifen, wie glücklich ein Mann sein muss, der ohne alle Gesetze und ohne allen Zwang, so allein für sich, in den Tag hineindenken darf.

§. 133. (Hypothesen von Leibnitz, Whiston u. a.) Da man die vorzüglichsten Meinungen, welche über diesen Gegenstand aufgestellt worden sind, ihrer Sonderbarkeit wegen, wenigstens historisch kennen soll, so wollen wir uns begnügen, dieselben hier so kurz als möglich mitzutheilen.

Leibnitz stellte (*Protogea, Götting.* 1749) die Ansicht auf, dass alle Planeten und Kometen, die Erde nicht ausgenommen, in der Vorzeit eben so viele wahre Sonnen gewesen seien, die aber, nachdem sie älter geworden, ihre frühere jugendliche Kraft und mit ihr auch ihr selbstständiges Licht verloren haben. Woher aber jene Sonnen kamen und warum die noch scheinende Sonne nicht auch älter und schwächer geworden ist, fand er nicht für gut uns zu erklären, wie denn überhaupt seine ganze Kosmogonie nur eine der vielen hingeworfenen Ideen war, mit welcher der grosse Mann sich in den Stunden zu vergnügen pflegte, in welchen er das Feld der sichern Geometrie verliess, um auf dem etwas weicheren Kissen der Phantasie auszuruhen.

Whiston im Gegentheile machte diese Spekulationen zu dem eigentlichen Gegenstande seines Lebens, und brütete darüber mit einer Vorliebe und mit einem Eifer, der einer bessern Sache würdig gewesen wäre. Er hatte sich in die Kometen verliebt und wusste auch aus ihnen Alles mit der bündigsten Schärfe abzuleiten. Nach seiner Meinung war die Erde anfangs selbst ein Komet, aber ohne Axendrehung, daher auch ohne Bewohner, ein todter Klotz, der sich indess doch um die Sonne bewegte. Nach vielen Millionen von Jahren stiess er zufällig mit einem andern Kometen zusammen, wodurch er anfing, sich um seine Axe zu drehen. Der Wechsel des Tages und der Nacht, der dadurch auf der Erde entstand, lockte Pflanzen und Thiere auf ihre Oberfläche hervor. Jahrtausende durch dauerte auf derselben eine paradiesische Zeit, die unser Gelehrter mit nicht minder lebhaften Farben schildert, als die darauf folgende Periode einer allgemeinen Verderbniss, die endlich so sehr überhand genommen hatte, dass es eines neuen Kometen bedurfte, um das ganze verruchte Geschlecht in seinem Wasser zu ersäufen. Seitdem geht es, wie wir alle wissen — und da es, wie ebenfalls bekannt, bereits stark bergab geht, so steht in kurzem ein vierter und letzter Komet zu erwarten, der aber nach Whiston weder so stössig wie der zweite, noch auch so wässrig wie der dritte, sondern der vielmehr ganz feuriger Natur sein und die arme Erde mit Allem, was in und auf ihr ist, zu Staub und Asche verbrennen wird.

Bemerken wir noch zur Ehre unseres Geschlechtes, dass das Werk Whiston's (*Astronomical principles* und *a new theory of the earth, Cambridge* 1708), in welchem er uns diese Dinge zum Besten gibt, bei seiner Erscheinung als eines der höchsten Produkte des menschlichen Scharfsinnes bewundert und von Klein und Gross mit einer Begierde gelesen

wurde, deren sich wohl nicht leicht ein anderer Roman bisher zu erfreuen das Glück gehabt hatte.

Burnett (*Telluris theoria sacra, London* 1681) suchte die biblische Genesis auf eine oft sehr sonderbare Weise mit seinen eigenen excentrischen Ideen in Uebereinstimmung zu bringen. Cartesius (*Princip. Philosophiae, Amst.* 1685) liess die von jeher existirende chaotische harte Urmasse in Stücke zerspringen, die sich sofort in wirbelnde Bewegung versetzten, woraus endlich, man sieht nicht recht auf welche Weise, Sonne, Mond und Planeten herausgewirbelt wurden. Lazzaro Moro wurde durch die Entstehung des *Monte nuovo* bei Neapel i. J. 1538 auf eine neue Schöpfungsgeschichte geführt, in welcher das Centralfeuer die Hauptrolle spielt, und die man in seinem Werke (*De' crostacei, Venezia* 1740) nachsehen kann. Pallas (*Observations sur la formation des montagnes, St. Petersbourg* 1777) leitete die Entstehung der Welt ohne Hülfe des Feuers, aus dem Wasser des Urmeeres ab. Marschall von Bieberstein (Ueber den Ursprung des Weltgebäudes, Giessen 1802) zeigte, dass die Planeten und ihre Monde blosse Conglomerate von Meteorsteinen, also desselben Ursprungs mit unseren sogenannten Sternschnuppen sind, und was dergleichen Behauptungen mehr waren, die z. B. von Silberschlag, Scheuchzer, Hollmann, Plüche, Bourguet, Maillet und erst in den neuesten Zeiten von Wrede, Lamark, Hutton u. A. aufgestellt wurden.

§. 134. (Buffon's Hypothese.) Auch Buffon, der Plinius unserer Zeiten, versuchte seine Kraft an diesem interessanten Gegenstande. Nach ihm war im Anfang aller Dinge bloss die Sonne und eine Unzahl von Kometen da, welche letztere in allen möglichen Richtungen um die erste schwärmten. Einige von diesen Kometen mussten mit der Zeit der Sonne näher kommen, als es ihnen vielleicht selbst lieb sein mochte. Da geschah von zwei Dingen eines: entweder begegnete der Komet der Sonne beinahe in einer auf die letzte senkrechten Richtung, und dann blieb er an der Sonne hängen, um ihre Masse zu vermehren und den Verlust zu ersetzen, den sie durch das Ausströmen ihres Lichtes erleidet — oder der Komet begegnete der Sonne nur in schiefer Richtung, er streifte bloss die Oberfläche derselben, und riss daher ein grösseres oder kleineres Stück der Sonne ab, um es fortan auf seiner grossen Bahn mit sich weiter zu führen. Da die Sonne ihrer Natur nach, die Buffon sehr genau kennt, flüssig ist, und da alle Kometen, wie er ebenfalls mit Sicherheit bestimmen kann, von der Westseite kommen müssen, wenn sie an die Sonne stossen wollen, so erklärte sich daraus ohne allen Anstand die Entstehung sowohl, als auch die Bewegung aller unserer Planeten. Jenes abgerissene Stück der flüssigen Sonne schleppte nämlich der Komet in Form eines Baches, eines Wasserschweifes, hinter sich her, und dieser Strom trennte sich in mehrere Theile, in verschiedene grössere und kleinere Kugeln, die je nach ihrer Entfernung von der Sonne, in welcher sie entstanden, eine verschiedene Geschwindigkeit um diese Sonne und auch zugleich eine Rotation um ihre eigene Axe hatten. Auf diese Weise sind also die Planeten, und auf eine ganz ähnliche sind auch die Satelliten dieser Planeten entstanden. Und weil der Komet, wie gesagt, von West gegen Ost zur Sonne kam, so ist dadurch auch sofort erklärt, warum die jährliche sowohl, als auch die

tägliche Bewegung der Planeten in derselben Richtung, von West gen Ost, vor sich geht.

Da man zu Buffon's Zeiten die oben erwähnte Hypothese Whiston's schon wieder vergessen hatte, so wurde diese neue Darstellung des grossen französischen Naturforschers sehr lange als die beste, ja als die einzig wahre allgemein angenommen.

Dazu trug eben sowohl der blühende Styl, mit welchem er seine Dichtung auszustatten wusste, als auch die verwegene Sicherheit bei, mit welcher er den Gegenstand bis in das kleinste Detail verfolgte. So behauptete er z. B., dass jenes von dem Kometen abgerissene Stück der Sonne, mit welchem unsere Erde entstand, volle 3000 Jahre in dem Zustande des Glühens, und weitere 34000 Jahre durch die Wirkung der Hitze im Flusse gewesen sei; selbst nach dieser Zeit sei das Meer noch ganz mit der Atmosphäre vermengt gewesen, weil die Erde noch immer so heiss war, dass sie alles Wasser in Dämpfe verwandelte. Nach ferneren 25000 Jahren fiel endlich dieses Wasser aus der Luft herab und bedeckte die Erde bis auf 12000 Fuss Höhe. In den folgenden 20000 Jahren verlief sich dieses Wasser allmählich in die Tiefen der Erde, vorzüglich in den Gegenden um den Aequator, wohin es von beiden Polen strömte, welche letzten daher zuerst trocken und kühler wurden, daher auch in den Polarländern die ersten Spuren des vegetabilischen und animalischen Lebens getroffen wurden, und was dergleichen Dinge mehr sind, die er seinen Lesern als unbezweifelbare Wahrheiten und als Resultate, die unmittelbar aus seinen Berechnungen (!) hervorgegangen sind, aufzudringen sich bemüht.

§. 135. (Franklin's Hypothese.) Franklin's Ansicht dieses Gegenstandes hat uns Lichtenberg mitgetheilt, und was Männer, wie diese beiden, auch nur in Nebenstunden und gleichsam im Vorbeigehen, aufzunehmen der Mühe werth finden, kann keinem Anderen unwillkommen sein, daher wir sie hier mit den Worten des Letzteren, nur etwas abgekürzt, wieder mittheilen wollen.

Zum besseren Verständnisse von Franklin's Idee wird man sich der bereits früher (*I.* §. 181) erwähnten Entdeckung Mariotte's erinnern, nach welcher unsere atmosphärische Luft, wenn sie zusammengedrückt wird, an Dichtigkeit gerade so zunimmt, wie das Gewicht, durch welches der Druck bewirkt wird, so dass also ein doppelter oder dreifacher Druck auch die Luft zwei- oder dreimal so dicht macht. Die Physiker haben die hieher gehörenden Experimente schon sehr weit getrieben, und man kann sagen, dass sich die Luft endlich so stark zusammendrücken lässt, dass z. B. das Gold auf ihr schwimmen würde. Denkt man sich eine senkrechte, oben offene Höhle im Innern der Erde, und nimmt man an, dass die Luft in der Höhle zu der ausser derselben, mit welcher sie im freien Zusammenhange ist, gleiche Temperatur habe, und dass endlich das Mariotte'sche Gesetz durchaus, für jede Tiefe und jede Dichte der Luft gelte, so würde die Luft in der Höhle immer dichter werden, je tiefer sie läge, und bei einer Tiefe unter der Oberfläche der Erde von $7\frac{1}{2}$ deutschen Meilen würde das Wasser, von $10\frac{1}{2}$ Meilen das Zinn, von 11 Meilen das Silber und von $11\frac{1}{2}$ Meilen das Gold in dieser Luft schwimmen. Wäre z. B. das Gold durch irgend eine Kraft noch unter diese Tiefe von $11\frac{1}{2}$ Meilen, in eine noch dichtere Luft gebracht und dann sich selbst überlassen, so würde es, gleich einem unter

dem Wasser ausgelassenen Korkholze, bis zu der vorigen Tiefe von 11 $^1/_2$ Meilen hinauffahren.

Nun geht Franklin von dem Gedanken aus, dass die Zerstörungen, die wir auf der Erde bemerken, zu gross sind, als dass sie hätten entstehen können, wenn die ganze Erde, auch in unsern gegenwärtigen Zeiten, eine durchaus solide Masse wäre. Er meint also, sie bestehe in ihrem Innern aus einer Flüssigkeit, die dichter ist, als alle festen Körper, die wir auf der Erde kennen, und auf der daher diese festen Körper schwimmen können. Da nun die Luft, wie wir gesehen haben, durch Vermehrung des auf ihr lastenden Druckes einer so grossen Dichtigkeit fähig werden kann, so wäre es möglich, dass die Erde selbst aus einer solchen Luft entstanden ist, die sich gegen den Mittelpunkt hin, etwa nach dem Mariotte'schen Gesetze, immer mehr und mehr verdichtet hätte. In dieser Luft werden sich alle festen Körper, die entweder in sie gerathen, oder die aus ihr selbst und ihren ursprünglichen, heterogenen Bestandtheilen entstehen, jeder in eine bestimmte Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde setzen, und wenn ihrer mehrere in gleichen Entfernungen von dem Mittelpunkte zusammen kommen, auch wohl eine Art von harte Kruste bilden, eine Rinde oder Kugelschale, welche die innere, noch dichtere Luft ringsum einschliesst, und die an manchen ihrer Stellen so dünn sein kann, dass sie durch eine von Innen auf sie wirkende Kraft leicht dem Zerbrechen ausgesetzt wird.

Nimmt man also mit Franklin an, dass alle Materien mit ihren Kräften anfänglich wie ein Dunst durch den Weltraum verbreitet gewesen sind, so mussten sich, wenn die Anziehung der einzelnen Theile dieser Materie zu wirken anfing, die schweren Dunsttheilchen dem Mittelpunkte mehr nähern, und da sie sich, vermöge ihrer Elasticität, auch einander abstiessen, zugleich immer dichter wurden, je mehr sie sich anhäuften, so konnte auf diese Weise die erwähnte Luftkugel entstanden sein, in welcher sich die übrigen Körper auf die angegebene Art festsetzten. Viele dieser Körper, die anfangs zu tief in die Luft durch ihren Fall eingesunken waren, stiegen nachher wieder auf, schlossen sich an die übrigen an, und bildeten endlich diese Kruste, diese Oberfläche der Erde, die wir bewohnen, und die jetzt so tief in die ganze Luftkugel eingesenkt ist, dass bloss unsere gegenwärtige Atmosphäre darüber noch hervorsteht. Chemische Processe, Gasentwickelungen, Explosionen von Dämpfen, die unter dieser Kruste in der so stark verdichteten Luft statthaben, werden diese Kruste an einzelnen Stellen durchbrechen, wodurch die neptunischen und vulkanischen Revolutionen erklärt werden können, die unsere Erde schon so oft erlitten zu haben scheint, oder sie werden, wenn sie jene Kruste nicht zerbrechen können, in der untern Luft Wellen verursachen, die sich auf Tausende von Meilen erstrecken und uns als Erdbeben fühlbar sein werden.

Dieser ursprüngliche Dunst, dieser Nebel, die chaotische Urmaterie, oder wie man sie sonst nennen will, ist nicht mit unserer atmosphärischen Luft identisch, da diese letzte gleichsam nur ein Produkt, oder der feinste Theil von jener ist. Wir haben bereits oben, bei Betrachtung der Sterngruppen und Nebelmassen des Himmels gesehen, dass die Annahme einer solchen nebelartigen Urmasse sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich habe, eine Meinung, die schon Newton hatte, indem er behauptete, dass die ganze Welt sich aus einem flüchtigen Wesen nieder-

geschlagen zu haben scheine, wie sich Wasser aus Dampf niederschlägt, und dass dann dieser Niederschlag zu den mannigfaltigen Formen zusammengeronnen sei, die wir jetzt an den Körpern der Erde bemerken.

Wem der Ausdruck, dass alle, auch die festen Körper, in letzter Analyse, aus Luft bestehen, zu auffallend erscheint, der erinnere sich nur, dass Sauerstoff mit Wasserstoff vermischt, Wasser gibt, und dass aus Wasser Eis werden kann, zu welchem sich jene gemischte Luft unmittelbar nicht verdichten lässt. Dieses Wasser auf gebrannten Gyps gegossen, verhärtet mit ihm zu einem steinartigen Körper, aus dem wir Statuen machen, welche letztere also zum Theile aus zwei Luftarten bestehen. Wasser entsteht aus Luft, und unzählige Thiere leben allein von Wasser, Luft und Pflanzen, also von Luft und von solchen Körpern, die früher auch Luft gewesen sind. Was sind daher diese Thiere selbst gewesen? — So steht mit Eins der Elephant mit aller seiner Masse und seinem Elfenbein da, aus Dunst zusammengeronnen, wie Franklin's Welt. — In der That, da die Natur die Pflanzen und Thiere nicht baut, wie wir unsere Häusser bauen, sondern sich derjenigen Kräfte dabei bedient, die sie in die kleinsten Elemente der Körper gelegt hat, und da diese Kräfte nur in den kleinsten Distanzen wirksam sind, so ist immer Flüssigkeit nöthig, damit sich Alles finden und an einander fügen kann. Da aber diese sich bald verlieren oder durch ihre eigene Schwere nach den tiefsten Stellen ziehen würde, so müssen diese flüssigen Körper auch in elastische übergehen, d. h. in luftförmige Körper, auf die wir daher immer wieder in letzter Instanz zurückzukommen gezwungen sind.

§. 136. (Besondere Eigenschaften des Planetensystems.) Obschon die Elemente des Sonnensystems, wie es scheint, ganz willkürlich sind, so haben sie doch mehrere sehr merkwürdige Eigenheiten, die allen Planeten gemeinschaftlich sind, und die daher auch eine besondere Betrachtung verdienen.

Man bemerkt nämlich nicht ohne Verwunderung, dass sich alle Planeten ohne Ausnahme in einer und derselben Richtung, von West nach Ost bewegen. Auch die Satelliten gehen in derselben Richtung um ihre Hauptplaneten. Ja selbst die täglichen Umdrehungen dieser Körper gehen sämmtlich von West nach Ost. Von denjenigen, deren tägliche Rotation durch die Beobachtungen bereits ausgemacht ist, kennen wir sechs Planeten, die Sonne selbst, unsern Mond, vier Monde Jupiters und einen Mond so wie den Ring Saturns. Diess gibt demnach zusammen weit über hundert Bewegungen, die alle nach derselben Seite gerichtet sind, wenn man sich der in gleicher Richtung erfolgenden Revolution der vielen Asteroiden erinnert. Eine so grosse Uebereinstimmung kann nicht gut die Folge eines blossen Zufalls sein. Wendet man darauf die bekannten Regeln der Wahrscheinlichkeit an, so findet man, dass man Millionen gegen Eins wetten kann, dass dieser auffallenden Aehnlichkeit so vieler Bewegungen eine einzige gemeinschaftliche Ursache zu Grunde liege. Eine so grosse Wahrscheinlichkeit besitzt aber vielleicht keine einzige aller unserer sogenannten historischen Wahrheiten. Wir sind daher beinahe gezwungen anzunehmen, dass irgend eine uns unbekannte Kraft diese Bewegungen hervorgebracht hat.

Eine andere, nicht minder auffallende Eigenschaft unseres Sonnensystems ist die geringe Excentricität, die wir bei allen Planeten-

bahnen bemerken. Die acht grossen Planeten haben alle sehr nahe eine kreisförmige Bahn; von den Asteroiden fügen sich viele demselben Verhältnisse, während andere bereits eine etwas grössere, aber doch noch lange nicht eine so grosse Excentricität haben, wie die Kometenbahnen. Ueberhaupt sind die Bahnen der Planeten und die der Kometen durch diese zwei Eigenschaften wesentlich und zwar so stark von einander unterschieden, dass selbst der Uebergang von der einen zu der andern gänzlich vermisst wird. Von den Planeten kennt man keinen, dessen Bewegung nicht von West gen Ost gerichtet wäre, wohl aber zahlreiche Kometen, die sich von Ost gen West bewegen.

Dasselbe gilt endlich auch von den Neigungen dieser Bahnen gegen die Ekliptik oder vielmehr gegen den Sonnenäquator (*II.* §. 76). Diese ist bei allen grossen Planeten ungemein klein, und selbst bei den meisten kleinen noch immer sehr gering, während im Gegentheile die Neigungen der Kometenbahnen alle möglichen Werthe durchlaufen.

Diess sind aber offenbar Erscheinungen ganz anderer Art, als diejenige, welche wir bisher beobachtet haben. Die Bewegungen der Planeten in ihren Bahnen, ja selbst die sogenannten Störungen, welche diese Planeten erleiden, sind, wie wir gesehen haben, eine blosse und zugleich eine nothwendige Folge des Gesetzes der allgemeinen Schwere, und jene lassen sich auch aus diesem vollkommen erklären. Allein die drei Erscheinungen, von welchen hier die Rede ist, sind in keinem weiteren Zusammenhange mit jenem Gesetze, und müssen daher aus einer ganz anderen Quelle abgeleitet werden. Denn welches auch dieses Gesetz der Schwere sein mag, so wird sich doch ein ihm unterworfener Planet eben so gut von West gen Ost, als umgekehrt um die Sonne bewegen können. Wenn daher alle, ohne Ausnahme, nur in einer und derselben Richtung sich bewegen, so kann die Ursache davon nicht in jenem Gesetze, sondern sie muss in der primitiven Einrichtung des Systems, in einer Anordnung gesucht werden, die zur Zeit der Entstehung dieses Systems getroffen worden ist. Die Richtung der Bewegung eines Planeten, die Neigung der Ebene seiner Bahn, die grössere oder kleinere Excentricität dieser Bahn — diess sind gleichsam die willkürlichen Grössen des Systems, mit denen die Natur nach Zwecken verfügt hat, von welchen es uns vielleicht gegönnt ist, einige aufzufinden.

§. 137. (Laplace's Hypothese.) Diese drei, allen Planeten zukommenden Eigenschaften, die jährliche und tägliche Bewegung von West gen Ost, die geringe Excentricität und die ebenfalls sehr kleine Neigung ihrer Bahnen, von denen man bisher noch keine Rechenschaft geben konnte, scheinen nämlich auf eine, das ganze System umfassende, gemeinschaftliche Kraft zu deuten, die bei dem Entstehen dieses Systems wirksam gewesen ist, und aus deren Kenntniss wir vielleicht etwas Näheres über diese Entstehung selbst ableiten können. Diesen Weg hat Laplace genommen, um den Ursprung des Plantensystems zu erklären, wie wir sogleich näher sehen wollen.

Welches auch die Ursache, die jene drei Erscheinungen erzeugte, gewesen sein mag, so muss sie doch offenbar alle Planeten umfasst haben, und da diese letzten durch so grosse Zwischenräume von einander getrennt sind, so kann sie nur in einer, anfänglich vielleicht bloss luftförmigen Flüssigkeit von ungeheurer Ausdehnung gesucht werden. Da sie alle Planeten eine beinahe kreisförmige Bewegung, in einer und

derselben Richtung, um die Sonne gegeben hat, so wird diese Flüssigkeit die Sonne in Gestalt einer Atmosphäre umgeben haben. Diese Atmosphäre der Sonne, die vielleicht ursprünglich nur eine Fortsetzung des eigenen Sonnenkörpers war, hatte also anfänglich, wahrscheinlich durch die Wirkung einer in ihr herrschenden ausserordentlichen Hitze, eine Ausdehnung, die noch weit über die Bahn des Neptun hinausreichte, und die sich späterhin, in Folge ihrer Abkühlung, bis auf die gegenwärtige Grenze der Sonne zurückgezogen hat.

Damals glich also unsere Sonne einem Nebelsterne, einem grossen Lichtkern, umgeben von einer sphärischen Dunsthülle. Vor dieser Zeit mag selbst jener lichte Kern noch nicht da gewesen sein, und das Ganze bloss einem äusserst dünnen, weit verbreiteten, chaotischen Nebel geglichen haben.

Wenn jener lichte Kern, der Embryo der künftigen Sonne, durch irgend eine Kraft, wozu schon die Anziehung der benachbarten Körper ausser der Sonnenatmosphäre hinreichend war, eine Bewegung, eine Rotation um sich selbst hatte, so musste an dieser Rotation auch die ganze Atmosphäre der Sonne allmählich Theil nehmen. Wenn nun die anfangs so grosse Hitze aus den oberen Theilen oder Schichten dieser Atmosphäre entfloh, so musste dadurch eine Trennung der Atmosphäre in einzelne Schichten stattfinden, deren Bestandtheile sich, wie zuvor, so auch jetzt noch um die Sonne bewegten. War ferner irgendwo in diesen Schichten eine dichtere Masse vorhanden, so zog diese nach und nach die benachbarten Theile der Schichten an sich, rundete ihre Masse zur Kugelform ab, und die Planeten entstanden. Man sieht, dass bei einer solchen Entstehung dieser Körper die Richtung der Bewegung derselben um die Sonne mit derjenigen übereinstimmen musste, welche die Sonne selbst hatte, dass also dadurch die gemeinschaftliche jährliche Bewegung dieser Planeten von West gen Ost sehr gut erklärt wird.

Da ferner die von der Sonne entfernteren Theile eines auf diese Weise entstandenen Planeten, wegen der Rotation des ganzen Sonnenkörpers, eine grössere Geschwindigkeit hatten, als die dem Kern näheren Theile, so musste hieraus auch eine Rotation dieser Planeten um ihre Axe, und zwar in der Richtung ihrer jährlichen Bewegung folgen, wodurch auch die gemeinschaftliche Richtung der täglichen Rotation dieser Planeten auf eine sehr einfache Weise dargestellt wird.

Diese Planeten, die aus der Verdichtung der benachbarten Theile einer Schicht der Sonnenatmosphäre entstanden, werden anfangs, wo die ihrem Innern zukommende Temperatur noch immer sehr hoch gewesen sein mag, einen viel grösseren Raum eingenommen, und sich, wie oben die Sonnenatmosphäre selbst, durch allmähliche Abkühlung zu einem dichtern Kern, mit einer eigenen Dunsthülle, ausgebildet haben, wo dann die Abkühlung der äussersten Schicht dieser Planetenatmosphäre ganz auf dieselbe Art die Satelliten erzeugen konnte, wie oben die Planeten selbst aus der Sonnenatmosphäre erzeugt wurden.

Bei der Absonderung der sich allmählich abkühlenden Schichten von der übrigen, inneren Atmosphäre der Sonne, musste die Masse, aus welcher diese Schichten bestanden, durch die Rotation der Sonne gegen den Aequator derselben hingetrieben werden, wodurch die oben erwähnte Erscheinung erklärt wird, dass nämlich die Bahnen fast aller Planeten nur in der Nähe des Sonnenäquators angetroffen werden, oder dass

ihre Neigungen gegen die Ebene dieses Aequators sämmtlich sehr klein sind.

Wenn sich die äusserste Kugelschale der Sonnenatmosphäre in Gestalt einer bereits mehr erkalteten, aber immer noch sehr warmen Flüssigkeit, durch die Rotation des Sonnenkörpers, auf eine für alle Theile dieser Schicht gleichmässige Art zu dem Aequator herabsenkt, ohne sich in einzelne Partien zu trennen, und wenn auch die Conglomeration der Masse dieser Schicht um ihren neuen Kern mit ungestörter Regelmässigkeit vor sich geht, so wird ein flüssiger, später durch weitere Abkühlung sich consolidirender Ring um diesen Kern entstehen. Aber die Regelmässigkeit, die zur Bildung eines solchen Ringes nothwendig ist, wird eine Erscheinung dieser Art immer sehr selten machen, daher wir auch in unserem ganzen Sonnensysteme nur ein einziges Beispiel eines solchen Ringes, bei Saturn, antreffen. In den meisten Fällen wird der Ring schon in den ersten Zeiten seiner Bildung in mehrere abgesonderte Massen bersten, die dann für sich, als die Satelliten des neuen Planeten, ihren Weg um denselben zurücklegen.

Dieselbe Regelmässigkeit der Bildung der Planeten würde, wenn sie in der That stattgehabt hätte, die Planeten vollkommen in die Ebene des Sonnenäquators, und die Satelliten genau in die Ebene der Aequatoren ihrer Hauptplaneten gelegt haben, so wie sie auch die Bahnen aller dieser Körper zu vollkommenen Kreisen gemacht haben würde. Jede kleine Störung dieser Regelmässigkeit wird aber Veränderungen in den Neigungen sowohl, als auch in den Excentricitäten dieser Bahnen hervorbringen, und es scheint, dass diese Störungen nie gross genug gewesen sind, um das eine oder das andere dieser beiden Elemente zu stark von seinem ursprünglichen Zustande zu entfernen, daher wir die Neigungen sowohl, als auch die Excentricitäten aller Planetenbahnen in so enge Grenzen eingeschlossen finden.

Wir wollen hier noch eines sehr interessanten Versuches Erwähnung thun, welcher zuerst von Plateau in Gent angestellt und nachher von Faraday wiederholt wurde, und der ganz geeignet scheint, den Ursprung unseres Sonnensystems zu versinnlichen. Wenn man ein Glas mit einer Mischung von Wasser und Alkohol füllt, und eine kleine Quantität Olivenöl dazu gibt, das mit der Mischung genau gleiche Dichte hat, so ist das Oel als eine von der Wirkung der Schwere freie Flüssigkeit zu betrachten, welche demnach jede ihr von andern Kräften gegebene Gestalt einzugehen vermag. In der That nimmt das Oel sofort in Folge der Molekularanziehung die Kugelform an. Führt man nun durch das Glas eine vertikale Axe ein, welche eine kleine Scheibe trägt, deren Mittelpunkt mit dem der Oelkugel zusammenfällt, so kann man jene Axe in Bewegung setzen und dadurch jene Oelkugel zum Rotiren bringen. Sofort flacht sich die Kugel an ihren Polen ab und schwillt am Aequator an, so dass man im kleinen Massstabe die Wirkungen vor sich sieht, denen die Planeten ausgesetzt waren. Die Kugelform wird zwar in beiden Fällen durch verschiedene Kräfte, durch Molekularanziehung beim Oele und durch Gravitation beim Planeten erzeugt, aber die Resultate sind analog, wenn nicht identisch. Je schneller die Rotation wird, desto grösser wird die Abplattung. Kommen endlich zweit bis drei Drehungen auf die Sekunde, so erreicht die Abplattung zuers ihre äusserste Grenze, dann wird die Oelmasse an der Axe oben und

unten hohl, indem sie sich immer weiter in horizontaler Richtung ausdehnt; endlich verlässt die Oelmasse die Scheibe, und erscheint als ein völlig regelmässiger Ring. Anfangs hängt dieser Ring mit der Scheibe durch ein dünnes Oelhäutchen zusammen; hält man aber die Scheibe fest, so bricht dies Häutchen und der Ring erscheint vollkommen frei. Bald darauf verliert derselbe seine Bewegung und wird wieder zur Kugel. Braucht man aber eine kleinere Scheibe und setzt man die Drehung nach der Trennung des Ringes fort, so erzeugt sich in der Alkohol-Mischung eine drehende Bewegung und mit ihr eine Centrifugalkraft; der Oelring wird so verhindert, seine frühere Kugelform wieder anzunehmen, und theilt sich in mehrere isolirte Massen, deren jede sofort in Kugelform erscheint. Alle diese Massen rotiren in derselben Richtung, in welcher der Ring sich bewegte. Ja noch mehr; da der Ring, im Augenblicke seiner Theilung, immer noch eine gewisse Geschwindigkeit hatte, so streben die Kügelchen sich in der Richtung der Tangente zu entfernen, und da die sich drehende Scheibe zugleich der Mischung eine rotatorische Bewegung ertheilt, so werden die Kügelchen alle von dieser Bewegung ergriffen und kreisen eine Weile um die Scheibe, so dass sie nun gleich Planeten rotiren und revolviren. Der Versuch stellt, wie man sieht, ein Bild im Kleinen von der Entstehung der Planeten dar.

§. 138. (Rücksicht auf die Kometen bei dieser Hypothese.) Bei dieser Darstellung des Ursprungs unseres Planetensystems ist, wie man sieht, auf die Kometen keine Rücksicht genommen. Wenn aber die Kometen von einem Sonnensysteme zum anderen in dem Weltraume umherirren, wie wir diess oben (§. 57) als sehr wahrscheinlich nachgewiesen haben, so kann man annehmen, dass unser Sonnensystem anfänglich bloss aus dem Hauptkörper, aus der Sonne, die aber damals einen viel grösseren Raum einnahm, bestanden habe, und dass dieselbe von den in allen Gegenden des Weltraums zerstreuten, ihr selbst aber fremden Kometen umkreist war. Da diese Kometen auf ihren Bahnen der Sonne mit verschiedenen Geschwindigkeiten und in verschiedenen Richtungen begegneten, so mussten auch ihre Neigungen alle möglichen Lagen gegen die Ekliptik haben, wie diess den Beobachtungen vollkommen gemäss ist.

Nicht minder genügend wird dadurch die grosse Excentricität der uns bekannten Bahnen der Kometen erklärt, da die Periheldistanzen dieser Bahnen wenigstens eben so gross sein mussten wie die Halbmesser der Sonne zu der Zeit, als dieser Centralkörper noch eine so enorme Ausdehnung hatte, die Kometen also sich nur dann uns zeigen konnten, wenn die beiden Axen ihrer Bahnen von einander sehr verschieden waren, weil sie sonst immer in zu grosser Entfernung von uns stünden.

§. 139. (Bemerkungen über diese Hypothese.) So schön und sinnreich die Laplace'sche Hypothese der Entstehung unseres Sonnensystems erscheint, so kann sie doch, wie ihr Urheber selbst bemerkt, nur mit demjenigen Misstrauen vorgetragen werden, dem Alles ausgesetzt bleiben muss, was nicht unmittelbar Resultat einer strengen Berechnung ist. Sie setzt voraus, dass die Masse, aus welcher unser Planetensystem entstanden ist, anfänglich in einem flüssigen Zustande gewesen sei. Diess ist allerdings sehr wahrscheinlich, da zur Zeit der ersten Entwicklung dieses Systems die festen und flüssigen Körper, aus denen es bestand,

noch nicht gesondert sein konnten. Für die Erde wurde diess schon oben §. 122 gezeigt; für den Mond lässt sich, wie wir §. 111 gesehen haben, die Gleichheit seiner Revolution und Rotation ebenfalls nicht wohl anders erklären, als wenn wir die Masse desselben zur Zeit seiner Entstehung flüssig annehmen, und selbst die merkwürdigen Verhältnisse welche zwischen den Umlaufszeiten und den mittleren Längen der drei ersten Satelliten Jupiters stattfinden (*I.* §. 175), müssen ihren Ursprung in einer ähnlichen Ursache haben. Wenn nämlich diese Verhältnisse zur Zeit der Entstehung der Satelliten nicht ganz genau eintraten, was äusserst unwahrscheinlich ist, wenn diese Längen und Umlaufszeiten auch nur beiläufig das gegenwärtige Verhältniss hatten, so war, wenn anders die Masse dieser Satelliten ursprünglich flüssig war, die blosse Anziehung ihres mächtigen Hauptplaneten schon hinreichend, durch die Verlängerung der gegen diesen Planeten gerichteten Monddurchmesser, jenes Verhältniss in seiner ganzen Strenge herzustellen und zu erhalten. Immer aber beruhen diese Ansichten auf Annahmen, die nichts weniger als eigentlich erwiesen sind, wie denn z. B. Secchi neuerlich Zweifel gegen die Gleichheit der Revolution und Rotation der Jupitersatelliten aufgeworfen hat.

Ein anderer Einwurf gegen die Laplace'sche Hypothese lautet dahin, dass man aus derselben nicht folgern könne, warum die sich von der Sonne allmählich absondernden Theile die Kraft des Selbstleuchtens verloren haben, die dem übrigen Theile der Sonne, so wie wir sie jetzt sehen, noch beiwohnt. Allerdings lässt sich hierauf antworten, dass die Sonne, wie wir wissen, diese Kraft der hohen Temperatur verdankt, in der sie sich auch jetzt noch befindet und dass die Planeten, als so viel kleinere Körper, den Abkühlungsprocess, welchem alle Gestirne unseres Systemes unterliegen (§. 127), weit rascher als die Sonne durchmachen mussten. Immerhin aber bleibt unerklärt, warum von dem offenbar sehr complicirten Apparat, durch welchen die Leucht- und Wärmkraft der Sonne erhalten wird, an den Planeten keine Spur zu entdecken ist.

Endlich lässt sich auch das Verhältniss der Dichtigkeiten der Planeten und der Sonne nicht ganz mit jener Hypothese vereinigen. Zwar sind die Dichten der Planeten: Merkur, Venus, Erde und Mars einander nahe gleich und viel grösser als die der übrigen, die wieder eine gewisse Uebereinstimmuug unter einander zeigen; aber eine regelmässige Abnahme der Dichten mit der grösseren Entfernung von der Sonne, wie man sie nach der Laplace'schen Hypothese vermuthen sollte, findet nicht statt.

Laplace hat sich übrigens auf die Frage, wie die Sonne entstanden sei, nicht eingelassen und seine Betrachtungen erst da begonnen, wo von der Bildung der Planeten zu handeln war. Ein Mann, auf den unser deutsches Vaterland stolz zu sein mehr als Eine Ursache hat, Kant lieferte schon um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts in seiner Schrift »Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels« eine Hypothese über die Entstehung des Weltalls, bei welcher er von ganz ähnlichen Principien, wie später Laplace, ausging, aber nicht wie dieser erst mit der Sonne begann, sondern nach dem Uranfange aller Himmelskörper frug. Kant's Theorien bilden so eine merkwürdige Ergänzung der Laplace'schen Hypothese und wenn sie auch, da es zu Kant's Zeiten noch an unserer Kenntniss der physischen Be-

schaffenheit der Himmelskörper sehr gebrach, in dem Theile, welcher sich auf die Bildung der Planetenwelt bezieht, hinter den Laplace'schen Ideen zurückblieb, so begegnen sich doch beide auch hier in so wesentlichen Punkten, dass man es nicht unterlassen darf Kant's zu gedenken, wenn man von dem ersten gelungenen Versuche einer Cosmogonie spricht; denn ihm muss unstreitig die Priorität der leitenden Ideen und an sich die vollständigste Durchführung derselben zugesprochen werden.

Kapitel XIII.

Dauer des Weltsystems.

§. 140. (Welche Art von Störungen hier betrachtet werden.) Nachdem wir in dem vorhergehenden Kapitel es gewagt haben, unsere Untersuchungen über den Zustand des Sonnensystems in der grauen Vorzeit auszudehen, wollen wir nun auch unsern Blick in die ferne Zukunft richten und zusehen, was wir da zu hoffen oder zu fürchten haben.

Wir haben in diesem Systeme mehrere Eigenheiten entdeckt, die uns in den Stand setzten, auf den Zustand desselben in einer Epoche, von welcher der Anfang unserer Menschengeschichte ohne Zweifel sehr weit entfernt ist, wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit zurückzuschliessen. Sollte es nicht auch einige andere Eigenheiten dieses Systems geben, die uns Mittel darbieten, das Schicksal desselben in der dunklen Zukunft wenigstens so weit zu entschleiern, um daraus einige Beruhigung für die fernere Dauer dieses grossen und wunderbaren Gebäudes abzuleiten? Wenn auch wir selbst und Alles, was mit uns auf dieser Erde lebt, wieder zu dem Staube zurückkehren müssen, von dem wir genommen sind, und wenn wir uns willig in dieses allen lebenden Wesen gemeinsame Loos ergeben, so können wir doch den Wunsch nicht unterdrücken, dass nach unserem Abtreten von diesem Schauplatze wieder andere Wesen, in immer fortgehender Reihe, auf derselben Bühne sich ihres Lebens freuen, dass der Himmel, der jetzt über uns ausgespannt ist, bleiben und bestehen, und dass dieselbe Sonne und derselbe Mond, die uns in unserem Leben oft so freundlich geleuchtet haben, auch noch die Blumen bescheinen möge, die dermaleinst über unsern Gräbern blühen sollen.

Man sieht ohne unser Erinnern, dass bei Untersuchungen dieser Art nicht von solchen Störungen die Rede sein kann, die durch unvorherzusehende, äussere Kräfte bewirkt werden. Vielleicht wird einst dieses ganze System, wie jener Fixstern in der Cassiopeia, durch irgend eine uns ebenfalls unbekannte Ursache in Brand gerathen und auflodern, so dass von allem, was uns jetzt umgibt, keine Spur mehr zu finden ist. Solche Katastrophen, sie mögen nun möglich sein oder nicht, sind nicht vorauszusehen, und stehen in keinem weitern Zusammenhange mit einer in der Folge der Zeiten auf natürlichem Wege nothwendigen

oder vorauszuberechnenden Zerstörung, die hier allein gemeint sein kann. Dass ein Mensch vom Blitze getödtet wird, kann keinen Einfluss auf die kürzere oder längere Dauer des ganzen Geschlechts haben. Aber dass alle Menschen und überhaupt alle lebenden Wesen immerwährenden Reibungen und Abnutzungen ihrer Körper unterworfen sind, diess lässt uns einen endlichen Stillstand der Maschine befürchten. Und jene grosse, bewundernswürdige Maschine über uns — trägt sie ebenfalls solche Spuren, aus denen wir, wenn auch in der fernsten Zukunft, auf ihren Stillstand, auf ihre Auflösung schliessen können?

Man sieht, dass hier vorzüglich von denjenigen Störungen die Rede ist, welchen die einzelnen Körper unseres Sonnensystems unterworfen sind. Wir haben bereits oben (§. 65) gesehen, dass die Störungen zweierlei Art sind. Die periodischen, welche bloss den Ort der Planeten in seiner Bahn angehen, und die säculären, welche diese Bahn selbst mit der Zeit verändern. Die ersten können offenbar keinen Einfluss auf eine einstige Zerstörung des Ganzen haben. — Aber die zweiten? — Sie könnten es, und sie würden es auch, wenn anders diese Aenderungen der Bahnen mit der Zeit, also ohne Ende, und immer nach derselben Richtung fortgingen. Allein das thun sie nicht, wie wir oben gezeigt haben. Und so scheint denn auch, von dieser Seite wenigstens, nichts zu fürchten.

§. 141. (Vorzügliche Rücksicht auf drei Elemente der Planetenbahnen.) Da diese Sache schon an sich, und besonders in Beziehung auf uns selbst von so grosser Wichtigkeit ist, so wird es nicht unangemessen sein, sie etwas näher zu betrachten.

Es ist schon früher (*I.* §. 139) gesagt worden, dass jede Bahn eines Planeten oder Kometen sechs Bestimmungsstücke oder Elemente hat, an denen man sie erkennen und von allen andern unterscheiden kann. Diese Elemente sind: 1) die grosse Axe oder die Umlaufszeit; 2) die Excentricität; 3) die Neigung der Bahn; 4) die Länge des Periheliums; 5) die Länge des Knotens; und 6) die Epoche oder der Ort des Planeten in seiner Bahn zu einer gegebenen Zeit.

Es wird nicht nothwendig sein, hier umständlich zu zeigen, dass die drei letzten der sechs genannten Elemente in Beziehung auf die längere Dauer des ganzen Systems ganz gleichgültig und ohne allen Einfluss sind. Ob diese grosse Axe nach dieser oder nach einer andern Gegend des Himmels gerichtet ist, ob die Planetenbahn die Ebene der Ekliptik in dieser oder in einer anderen Linie schneidet, das kann die Stabilität im Allgemeinen eben so wenig stören, als dieselbe von dem Orte des Planeten in seiner Bahn zu irgend einer Zeit abhängt.

Nicht so ist es aber mit den drei erstgenannten Elementen. Die grosse Axe darf durchaus gar keiner Aenderung unterworfen sein, selbst nicht einer periodischen, weil eine solche, der Natur der Sache nach, sofort in ein immerwährendes Wachsen oder Abnehmen derselben übergehen würde, deren zerstörende Folgen für das Ganze wir bereits oben (§. 119) näher angegeben haben. Die beiden anderen Elemente aber, die Excentricität und die Neigung der Bahn, können wohl solche Aenderungen leiden, aber diese Aenderungen müssen in bestimmte Grenzen eingeschlossen sein, wenn sie das System in die Länge nicht gefährden sollen. Wenn z. B. die Excentricität der Erdbahn mit der

Zeit immer grösser, oder wenn diese Bahn selbst immer ovaler werden, oder wenn der Mond in seinem Laufe der Erde immer näher kommen sollte, so würde in dem ersten Falle, wie wir (§. 81) gesehen haben, unser Jahr seinen Charakter in Beziehung auf die Temperatur gänzlich ändern, und in dem zweiten Falle würde der Mond endlich auf die Erde stürzen müssen. Wenn die Excentricität der andern Planetenbahnen ähnlichen Veränderungen unterworfen wäre, so würden mehrere von ihnen der Erde einmal sehr nahe kommen, unsere und ihre Jahre würden bald sehr kurz, bald wieder sehr lang sein, die Jahreszeiten würden sich an keine bestimmte Temperatur mehr binden, die jetzt scheinbar nur kleineren Planeten und die Monde derselben würden, wenn sie uns näher kämen, zu einer ungeheuren Grösse anwachsen, und wieder andere sich unserem Anblicke gänzlich entziehen; die Fluthen des Meeres würden, gleich so vielen Sündfluthen, von Zeit zu Zeit die ganze Erde überschwemmen, und die am Ende unvermeidliche Collision unserer Erde mit einem der andern Himmelskörper würde alle Organisation auf beiden, und vielleicht beide Körper selbst zerstören.

Nun zeigt die Analyse, dass die Entwicklung der drei oben zuletzt genannten Elemente aus Reihen besteht, deren Glieder alle, bis auf eines, nur Sinus von Winkeln enthalten, die mit der Zeit fortgehen. Da aber die Sinus bekanntlich selbst nur periodisch zu- und abnehmende Grössen sind, so würden auch jene drei Elemente dergleichen Grössen sein, wenn jene Reihen nicht noch ein Glied enthielten, das der Zeit selbst proportional ist. Vermöge dieses letzten Gliedes können also jene Elemente selbst ohne Grenzen wachsen, und sie thun dieses auch, doch, wie gesagt, ohne alle Gefahr für die Stabilität des ganzen Systems. Die drei ersten Elemente aber zeigen, wenn sie ebenfalls in Reihen entwickelt werden, durchaus nur Glieder, welche die Cosinus jener Winkel, und kein der Zeit selbst proportionales Glied enthalten, woraus man denn den Schluss gezogen hat, dass auch diese drei Elemente keine mit der Zeit fortgehende, sondern nur periodisch wiederkehrende Aenderungen erleiden können.

§. 142. (Berichtigung der vorhergehenden Betrachtung.) Allein dieser Schluss, mit welchem man sich lange begnügte, ist nicht ganz richtig. Poisson hat zuerst gezeigt (*Conn. des temps* 1830), dass es nicht genug ist, wenn diese Reihen blosse Cosinus enthalten, damit jene Elemente nicht ohne Aufhören wachsen, oder abnehmen können, sondern dass auch noch diese Reihen convergent sein, d. h. dass ihre auf einander folgenden Glieder immer kleiner werden müssen, wenn jener auf sie gebaute Schluss vollkommen streng sein soll.

Was nun die Reihe für die grosse Axe der Bahnen betrifft, so ist sie, wie man zeigen kann, immer convergent, und überdiess der Art, dass ihre Veränderung, wenn man statt der in ihr enthaltenen allgemeinen Zeichen die numerischen Werthe für jeden Planeten substituirt, immer gleich Null ist, wie schon oben (§. 120) gesagt wurde. Von dieser Seite, und sie ist die wichtigste von allen, ist also für eine Störung der Stabilität unseres Sonnensystems weiter nichts zu besorgen.

Die Entwicklung für die Excentricitäten und die Neigungen der Bahnen aber gibt Reihen, von welchen es sehr schwer ist, mit Bestimmtheit zu sagen, ob sie convergiren oder nicht. Poisson hat jedoch gefunden, dass die Beschaffenheit dieser beiden Elemente von zwei Glei-

chungen abhänge, die in Beziehung auf unsern Gegenstand von der grössten Wichtigkeit sind. Wenn nämlich diese Gleichungen auch nur zwei reelle und gleiche, oder wenn sie zwei imaginäre Wurzeln haben, so mögen jene Reihen immerhin convergent sein: diese beiden Elemente können doch proportional mit der Zeit, d. h. ohne Ende wachsen, und die endliche Zerstörung des Systems würde darum nicht weniger gewiss herbeigeführt werden.

Nun hat schon früher Laplace gezeigt, dass die Wurzeln dieser beiden Gleichungen in einem bestimmten Falle immer reell und unter sich ungleich sein werden, und dieser Fall tritt dann ein, wenn die Planeten alle sich nach derselben Richtung um die Sonne bewegen. Diess hat aber glücklicher Weise in unserem Systeme statt, wo sich alle Planeten ohne Ausnahme von West nach Ost bewegen, und die unmittelbare Folge davon ist, dass die Excentricitäten sowohl, als auch die Neigungen der Bahnen dieser Planeten nicht mehr ohne Ende wachsen, sondern dass sie immer nur zwischen zwei Grenzen, und zwar zwischen zwei sehr engen Grenzen auf und nieder gehen können, oder mit anderen Worten, dass die Stabilität unseres Systems gesichert, und die Fortdauer desselben gleichsam für immerwährende Zeiten verbürgt ist.

Eine nähere Betrachtung dieses Gegenstandes lässt uns selbst noch mehrere andere Einrichtungen entdecken, die, da sie der Rechnung nicht unterworfen werden können, mehr das Gepräge des Zufalls tragen, während sie vielleicht in der That zu demselben Zwecke dienen. So haben von den älteren Planeten Merkur und Mars die grösste Excentricität, aber auch die kleinsten Massen, und von den kleinen Planeten sind die Excentricitäten zwar gross, aber auch die Massen äusserst gering. Wenn Jupiter, der grösste aller Planeten, eine solche Excentricität seiner Bahn hätte, wie Juno oder Pallas, so würde es um die Stabilität unseres Sonnensystems wahrscheinlich sehr schlimm stehen. Die Erde und andere kleinere Planeten würden durch die äusserst ungleichen Attraktionen Jupiters ihre jetzt nahe kreisförmigen Bahnen in sehr langgedehnte Ellipsen verwandeln, und entweder in die Sonne stürzen oder auch von ihr in immer weiter entfernte Gegenden des Himmels sich verlieren. Noch viel auffallender endlich erscheint diese Verbindung grosser Excentricitäten mit sehr kleinen Massen bei den Kometen, die, wenn sie mit beträchtlicheren Massen versehen wären, bei ihrer grossen Anzahl und der Ungebundenheit ihrer Bewegungen nach allen Richtungen des Himmels nicht anders als zerstörend auf unser Sonnensystem einwirken könnten.

§. 143. (Merkwürdige, hieher gehörende Gleichungen.) Derselbe grosse Geometer nämlich, dem wir so viele schöne Entdeckungen in diesen höheren Gefilden der Sternkunde verdanken, hat gefunden, dass zwischen den drei Elementen, von welchen hier vorzüglich die Rede ist, und zwischen den Massen der Planeten mehrere Gleichungen existiren, deren Grund wir zwar hier nicht näher angeben können, die aber zu wichtig und zu interessant sind, um ganz übergangen zu werden.

Man denke sich von irgend einem Planeten, z. B. von Merkur, das dreifache Produkt, dessen Faktoren die Masse dieses Planeten, das Quadrat seiner Excentricität, und die Quadratwurzel seiner grossen Axe sind. Nennt man dieses Produkt für Merkur a, für Venus a', für die Erde a'' u. s. w., so zeigen jene höheren Rechnungen, dass die Summe

aller dieser Grössen a, a', a'' .. für alle Zeiten eine constante oder unveränderliche Grösse sein müsse. Nun ist die Masse eines jeden Planeten, wenn man die Sonnenmasse als Einheit annimmt, so wie auch das Quadrat der Excentricität, wenn man die halbe grosse Axe der Bahn als Einheit voraussetzt, den Beobachtungen gemäss bei allen Planeten eine sehr kleine Grösse, also muss auch jede der Grössen a, a', a'' .. und daher auch jene Constante, wenigstens bei dem gegenwärtigen Zustande unsers Planetensystems eine sehr kleine Grösse sein. Allein da diese Constante, wie gesagt, eine für alle Zeiten unveränderliche, also auch immer nur eine sehr geringe Grösse ist, so müssen auch die einzelnen Glieder a, a', a'' .. jener Summe immer nur sehr klein sein. Die Glieder bestehen aber aus den Massen und den halben Axen der Bahnen, die, wie bereits bekannt, immer dieselben bleiben, und endlich aus den Excentricitäten dieser Bahnen, welche letztere daher ebenfalls immer sehr klein bleiben müssen, weil die Glieder a, a', a'' .. wie wir gesehen haben, nur sehr kleine Werthe haben können.

In der That, wenn auch nur ein einziges dieser Glieder a, a', a'' .. mit der Zeit sehr gross werden könnte, d. h. also, wenn nur eine einzige Excentricität unseres Sonnensystems ohne Ende wachsen könnte, so würde dadurch jene Summe, oder, was dasselbe ist, jene Constante selbst unendlich gross werden. Allein sie ist jetzt, wie die Beobachtungen zeigen, sehr klein, und muss daher, da sie eine Constante ist, immer sehr klein bleiben, also kann auch nicht eine einzige jener Excentricitäten über alle Grenzen hinaus wachsen, sondern alle müssen vielmehr immer zwischen zwei engen Werthen, über welche sie sich nie entfernen können, eingeschlossen bleiben, — vorausgesetzt nämlich, dass alle jene Glieder a, a', a'' .. positive Grössen sind. Wenn auch nur eines derselben einen negativen Werth erhielte, so würden die obigen Schlüsse offenbar nicht mehr angewendet werden können. Dann würden nämlich zwei dieser Glieder ohne Anstand in's Unendliche zunehmen, und ihre Summe doch noch eine sehr kleine Grösse bleiben, wenn nur das eine dieser Glieder positiv, und das andere negativ wäre. Allein dieser Fall kann in unserem Planetensystem nie eintreten. Und warum nicht? — Aus dem bereits oben angegebenen Grunde: weil nämlich die Bewegungen aller Planeten durchaus nach derselben Richtung vor sich gehen. In diesem Falle muss man nämlich von den beiden Zeichen, die jeder Quadratwurzel, also auch der oben erwähnten Wurzel der grossen Axe eigen sind, in allen Gliedern a, a', a'' .. immer dasselbe Zeichen nehmen, so dass die positiven Werthe dieser Grössen genommen werden müssen, wenn die Planeten von West nach Ost, und die negativen, wenn sie von Ost nach West gehen. Da nun in unserem Sonnensysteme alle Planeten von West nach Ost sich um die Sonne bewegen, und da überdiess die Massen derselben, so wie die Quadrate der Excentricitäten ihrer Bahnen, schon an sich positive Grössen sind, so sind auch alle jene Glieder a, a', a'' .. selbst positiv, und der angeführte Schluss, dass diese Excentricitäten für immerwährende Zeiten nur kleine Grössen bleiben müssen oder nie über bestimmte Grenzen hinauswachsen können, ist daher hier in seiner ganzen Stärke anwendbar.

Einen ganz ähnlichen Ausdruck erhält man auch für die Neigungen der Bahnen gegen die Ekliptik. Nennt man nämlich wieder b das drei-

fache Produckt der Masse eines Planeten in das Quadrat der Tangente der Neigung, und in die Quadratwurzel der grossen Axe der Bahn, und bezeichnet man für einen zweiten Planeten dasselbe Produkt durch b', für einen dritten durch b'' u. s. w., so zeigt die Analyse, dass die Summe der Grössen b, b', b'' . . in unserem Systeme eine für alle Zeiten unveränderliche Grösse ist. Diese Grösse ist aber jetzt den Beobachtungen gemäss sehr klein, also muss sie auch immerfort sehr klein bleiben, und zwar aus derselben Ursache, weil die Grössen b, b', b'' . . alle positiv, oder mit andern Worten, weil die Bewegungen der Planeten alle nach derselben Seite gerichtet sind.

§. 144. (Folgerungen des Vorhergehenden.) Wir sehen daher, dass vermöge einer sehr einfachen Einrichtung unseres Sonnensystems die grossen Axen der Bahnen völlig unveränderlich sind, und dass die Excentricitäten und die Neigungen derselben sich zwar ändern, aber dass auch diese Aenderungen in bestimmte, meistens sehr enge Grenzen eingeschlossen sind, welche diese beiden Grössen nie überschreiten können. Da aber die Beständigkeit dieser drei Elemente es vorzüglich ist, von welcher die Erhaltung unsers Systems und die ungestörte Ordnung desselben für die Folgezeit abhängt, so dürfen wir daraus den Schluss ziehen, dass es bei der Entstehung dieses Systems in der Absicht der Natur lag, ihm diese Erhaltung zu sichern, und demselben das Siegel einer immerwährenden Dauer aufzudrücken. Diesen Zweck hat sie vorzüglich durch zwei, auf den ersten Blick nur geringfügig scheinende Mittel erreicht, indem sie nämlich für die grossen Axen, oder was dasselbe ist, für die Umlaufszeiten dieser Planeten keine anderen, als incommensurable Zahlen (§. 121) gewählt hat, wodurch sie die Unveränderlichkeit der grossen Axe, dieses für die Stabilität des Ganzen wichtigsten Elementes (§. 119) sicherte, und indem sie die Bewegungen der Planeten so eingerichtet hat, dass sie alle nach derselben Seite um die Sonne erfolgen.

§. 145. (Andere Gründe für die Stabilität des Sonnensystems.) Eine andere, schon der geringsten Aufmerksamkeit auffallende Einrichtung des Planetensystems scheint denselben Zweck zu haben. Der Sonnenstaat ist, wie schon früher bemerkt wurde, nicht nur in seinem Ganzen, sondern selbst in den einzelnen Theilen desselben wesentlich monarchisch geordnet. Die Sonne, der Mittelpunkt der Bewegungen der Planeten, überwiegt alle diese Planeten zusammen genommen an Masse, d. h. an eigener intensiver Stärke mehr als siebenhundertmal, und eine ähnliche Präponderanz bemerken wir auch bei allen Hauptplaneten in Beziehung auf ihre Satelliten. Die Masse der Erde ist 80mal grösser als die des Mondes, und die Masse Jupiters übertrifft die aller seiner vier Monde sogar gegen 6000mal. Die daraus folgenden mächtigen Anziehungen der Sonne auf die Planeten, und der Hauptplaneten auf ihre Satelliten lassen keine so beträchtlichen Störungen in diesem Staate aufkommen, dass man eine Zerrüttung oder auch nur eine grössere Unordnung des Ganzen besorgen könnte. Wenn z. B. Jupiter plötzlich aus diesem Systeme ausschiede, so würden seine Monde, die wir jetzt in so schöner Ordnung um ihn gehen sehen, sich sofort in dem Raume zerstreuen, und der eine in Ellipsen um die Sonne gehen, der andere etwa in hyperbolischen Bahnen sich von derselben entfernen. Aber das Dasein mächtiger, alle andern so weit überwiegender Kräfte ist ein wesentlicher Schutz für ein

System, das in allen seinen Theilen beisammen bleiben, und in der Regelmässigkeit seiner Bewegungen nicht wesentlich gestört werden soll.

Selbst auf unserer Erde bemerken wir ähnliche Spuren dieser Absicht der Natur, ihren Werken Bestand und Dauer zu geben. Dahin gehört vorzüglich die bereits oben (§. 115) betrachtete Stabilität der Pole auf der Oberfläche der Erde, und das durch die Beobachtungen so vieler Jahrtausende bestätigte Gleichgewicht der Meere, die einen so grossen Theil dieser Erde bedecken. Diese beiden Erscheinungen, die zur Erhaltung organischer Wesen unumgänglich nothwendig sind, können als ein einfaches Resultat der Rotation der Erde, verbunden mit der allgemeinen Schwere aller Körper betrachtet werden. Denn durch jene Rotation wurde die Erde an ihren Polen abgeplattet, und durch diese Abplattung ist die Rotationsaxe der Erde eine freie (§. 116) und invariable Axe geworden. Durch die Wirkung der allgemeinen Schwere aber musste die Erdmasse gegen ihren Mittelpunkt viel dichter werden, als in der Nähe ihrer Oberfläche, so dass jetzt die mittlere Dichte der ganzen Erde die des Meerwassers weit übertrifft, was allein schon hinreicht, diese Meere selbst in stetem Gleichgewichte zu erhalten und der Wuth ihrer Fluthen einen Zügel anzulegen.

Nach allen diesen Beobachtungen scheint es daher, dass der grosse Urheber der Natur es absichtlich so eingerichtet habe, um die Dauer seines schönen und grossen Werkes zu sichern, und dass er in seiner Anlage des Sonnensystems von denselben Ansichten ausgegangen ist, die er auf der Erde, zur Erhaltung ihrer selbst sowohl als auch der auf ihr lebenden Geschöpfe beobachtet hat.

§. 146. (Besondere Lage der Asteroidenbahnen.) Bezüglich der Asteroidenbahnen ist Le Verrier in seinen Untersuchungen zu einigen interessanten Sätzen gelangt, die hier ihren Platz finden mögen.

Die Excentricitäten der bekannten Asteroidenbahnen können durch die Störungen von Seite der übrigen Planeten nur geringe Aenderungen erfahren. Sie werden also, da sie gegenwärtig grossentheils ziemlich beträchtlich sind, auch in der Folge so bleiben.

Dasselbe gilt bezüglich der Neigungen dieser Bahnen gegen die Ekliptik. Die Grösse der Excentricitäten und Neigungen steht also, beiläufig gesagt, im innigsten Zusammenhange mit der ersten Ursache, welcher die Gruppe der Asteroiden ihre Entstehung verdankt.

Die beiden eben ausgesprochenen Sätze gelten nur für mittlere Entfernungen von der Sonne, die grösser sind als die grosse Axe der Erdbahn. Für einen Asteroiden, der zwischen Mars und der doppelten mittleren Entfernung der Erde von der Sonne läge, gäbe es keine Stabilität in dem Sinne des Wortes wie es in der Mechanik des Himmels gebraucht wird. Flora, derjenige unter den Asteroiden, welcher die kleinste mittlere Entfernung von der Sonne besitzt, hat doch eine halbe grosse Axe = 2.2 grosse Halbaxen der Erdbahn, und es ist höchst bemerkenswerth, dass man solche kleine Planeten bis fast an die durch die Theorie angezeigte Grenze der Stabilität hin gefunden hat, diesseits derselben aber keinen. Da nun dieselbe Ursache, welche zur Bildung jener grossen Zahl von Asteroiden jenseits der mittleren Entfernung 2 Veranlassung gab, deren wohl auch diesseits dieser Grenze viele vertheilt hätte, so kann man nur annehmen, dass die Excentricitäten und Neigungen dieser letzteren nach und nach sehr bedeutend angewachsen

seien, in Folge dessen es jetzt schwer wäre, sie aufzufinden, da sie zur Zeit ihres Perihels grossentheils der Sonne zu nahe stehen und durch das Tageslicht unsichtbar gemacht werden, in der Nähe des Aphels aber, wo sie allerdings in Opposition mit der Sonne treten also um Mitternacht culminiren könnten, zu weit von uns und von der Sonne entfernt sind um noch ausgenommen zu werden.

§. 147. (Bewegung der Himmelskörper im widerstehenden Mittel.) Schon die allgemeine Verbreitung des Lichts in dem Weltraume zeigt, dass dieser Raum nicht ganz leer sein kann, sondern dass er mit einer, wenn gleich äuserst feinen Materie erfüllt sein muss. Bei den kompakten Körpern der Planeten ist uns der Widerstand, welchen ein solches Mittel der Bewegung dieser Körper entgegensetzt, noch nicht bemerklich geworden, aber bei dem Encke'schen Kometen hat man bereits (*II.* §. 159) eine ähnliche Wirkung bemerkt. Man kann auch durch Rechnung zeigen, dass in Folge eines solchen widerstehenden Mittels die grosse Axe, also auch die Umlaufszeit des Kometen um die Sonne immer kleiner werden, und dass daher der Körper selbst endlich in die Sonne stürzen muss. Die Excentricität der Bahn aber und die Länge des Periheliums werden durch diesen Widerstand bestimmten Veränderungen ausgesetzt, die mit der Folge der Zeit oder mit der Annäherung der Kometen zur Sonne immer kleiner werden, deren Periode jedoch dieselbe mit der jedesmaligen Umlaufszeit des Kometen ist. Nach den Beobachtungen nimmt die Geschwindigkeit des Encke'schen Kometen nahe um ihren tausendsten Theil während der Zeit von zehn Revolutionen zu. Wenn diese Zunahme gleichförmig bliebe, so würde diese Geschwindigkeit in 16000 Jahren das Doppelte von der gegenwärtigen sein. Wenn Jupiter während eines Zeitraumes von einer Million Jahren den milliarten Theil seiner Geschwindigkeit gewinnen könnte, so würde er erst in 70 Millionen Jahren den tausendsten Theil gewonnen haben, und es würde eine noch 700mal längere Zeit erfordert werden, die ursprüngliche Geschwindigkeit dieses Planeten auf das Doppelte derselben zu bringen. Aber, so gross auch diese Perioden erscheinen, die Folge davon würde doch eine immerwährende Annäherung und endlich ein Herabstürzen dieses Planeten in die Sonne sein. Eben so wird also auch im Laufe der Zeiten, nach Millionen von Jahren die Umlaufszeit der Erde nur mehr die Hälfte, oder noch ein kleinerer Theil der gegenwärtigen sein, und endlich wird auch sie, so wie alle Planeten, wieder zu der Sonne zurückkehren, von der sie genommen worden ist. Die grosse Entfernung jener Epoche wird das endliche Eintreffen derselben und die Erfüllung unseres Schicksals nicht hindern. Sobald es ausgemacht ist, dass die himmlischen Körper sich in einem widerstehenden Mittel bewegen, so ist eine immerwährende Bewegung derselben und eine ewige Dauer des ganzen Systems, so wie es jetzt besteht, unmöglich.

§. 148. (Nothwendige Beschränkung der vorhergehenden Betrachtungen.) Wenn daher die oben erwähnten, bewunderungswürdigen Einrichtungen der Natur uns über die weitere Dauer ihres Werkes vollkommen beruhigen können, und wenn, wie wir gesehen haben, wenigstens das Innere dieses Systems keine Spur von einer künftigen Zerstörung an sich trägt, so ist doch eine auch noch so lange — noch immer keine ewige Dauer. Wir können uns nicht vermessen, die innere Einrichtung des

Weltalls auch nur mit einiger Vollständigkeit zu erforschen. Aber wir sehen, dass allen Dingen dieser Erde nur eine, oft sehr kurze Periode ihres Daseins angewiesen ist, nach welcher sie alle verschwinden, und, wenigstens in dieser Gestalt, nicht mehr wieder kommen. Jeder Winter zerstört die schönen Gebilde unserer Fluren. Zahlreiche Familien und ganze Geschlechter von Thieren sind bis auf die letzten Reste derselben vergangen, und selbst ganze Völkerschaften, weltbeherrschende Nationen ziehen vor uns vorüber, wie Bilder eines Schattenspieles an der Wand, und Alles, Alles, was uns hier unten umgibt, wird von dem Strome der Zeit fortgerissen, und eilt unaufhaltsam seinem Endzustande der Auflösung und Zerstörung entgegen. Die Erde, die wir betreten, ist mit den Ruinen und mit dem Staube von Pflanzen und Thieren der Vorwelt bedeckt, und es wird eine Zeit kommen, wo man über die Pyramiden, über die Hauptstädte Europa's wie jetzt über Babylon und Karthago hingehen wird, ohne eine Spur derselben zu erblicken.

Von diesem, wie es scheint, nicht minder allgemeinen Gesetze der Natur, dessen zerstörende Wirkungen uns von allen Seiten in der Nähe umgeben — soll davon diese Erde selbst und der über sie ausgespannte Himmel eine Ausnahme machen? Welches Recht hätten sie zu solchen Ansprüchen? Oder welches Recht haben wir, selbst nur von gestern her, und morgen schon nicht mehr, die ewige Existenz dieses unseres Wohnortes zu fordern? Haben wir nicht Sterne am Himmel verschwinden, und ganze Sonnensysteme daselbst auflodern sehen? — Schreckliche Schauspiele fürwahr, gegen die unsere Wasserfluthen und Erdbeben und der Tod von Tausenden in einer Stunde nicht in Betracht kommen. Aber, so gross uns auch eine Katastrophe dieser Art erscheinen mag — sie scheint uns nur so gross, weil wir selbst so klein sind. In jenen Höhen wird mit einem andern Mass gemessen, und unser Planetensystem, ja unsere Milchstrasse selbst — was ist sie anderes, als ein unmerklicher Punkt der ganzen, grossen, endlosen Welt!

Wenn daher dieser, schon gegen das übrige Planetensystem gleichsam verschwindende Punkt, wenn diese unsere Erde, gleich den Früchten ihrer Fluren, auch allmählich ihrer Bestimmung entgegen reifen und altern, wenn sie vielleicht von denselben Kräften, die sie erzeugt und so lange erhalten haben, auch einmal wieder zerstört werden sollte — wollen wir uns auflehnen gegen das ewige Gesetz der Natur? Sind wir denn nicht uns selbst und alles das Unsrige, diese Erde selbst nicht ausgenommen, den Elementen schuldig? — Wenn diese nun wieder aufwachen und das Ihrige zurückfordern; wenn Feuer und Wasser und Winde, die unsere Erde bewohnt und fruchtbar gemacht haben, in ihrem Laufe fortschreiten, und sie auch wieder zu zerstören beginnen; wenn die Sonne, die uns so lange erleuchtet und erwärmt hat, die alles Lebende so viele Jahrtausende auferzog und an goldenen Seilen um ihr erfreuendes Antlitz lenkte, wenn sie die alternde Kraft der Erde, die sich nicht mehr zu erhalten vermag, nun endlich wieder herab zieht in ihren brennenden Schooss — ja wenn sie selbst, die Königin unserer Tage, wenn auch sie ihre Zeit gelebt und ihre Bestimmung erfüllt hat, wenn endlich sie selbst erlischt und verschwindet aus der Reihe der erschaffenen Wesen — so entsetzlich diess auch uns scheinen mag — was geschähe dann anders, als was nach dem ewigen Gesetze der Natur geschehen muss?

Denn überall, wo wir in dem Weltraume Entstehen, Wachsthum und Zunahme bemerken, da muss auch Abnahme und Tod sein, und wo immer im Wechsel der Dinge Fortgang ist, da ist auch Untergang: scheinbarer Untergang wenigstens, Abwechslung von Gestalten und Formen. Alles, was Körper, das heisst, was vergänglich ist, eilt seiner Auflösung entgegen, und kann von keiner Kraft davon zurückgehalten werden. Und wie auf den Gipfeln unserer Berge, und in den Abgründen der Erde die Versteinerungen und Ueberreste der Pflanzen und Thiere einer längst verschwundenen Vorwelt zerstreut liegen, so werden auch vielleicht dereinst die morschen Trümmer des grossen, himmlischen Baues über uns, in dem Weltenraume zerstreut werden. Diese Sonne, diese Sterne werden erlöschen, und von ihnen wird dort oben, wie von den Denkmälern der Vorzeit hier unten keine Spur mehr sein. Auch diese Blumen des Himmels werden verblühen und abfallen, wie welke Blätter, mit denen die Winde spielen, und dieselbe Welle, die sie so lange getragen hat, wird sie dereinst auch herabziehen in die Tiefe des Weltmeers, in den Abgrund der ewigen Nacht. Nur Einer, den kein Name nennt, Einer nur wird bleiben, hoch über dem Ocean der Welten, der zu den Füssen seines Thrones rauscht, dessen Wogen immer wechselnd vor ihm auf und nieder ziehen, während Er allein unwandelbar und ewig ist.

Vierter Theil.

Beobachtende Astronomie

oder

Beschreibung und Gebrauch der astronomischen Instrumente.

Vierte Abtheilung.

Beobachtende Astronomie.

§. 1. (Ueber die Genauigkeit der astronomischen Bestimmungen.) Wir haben bisher das Vorzüglichste von Demjenigen angezeigt, was uns die Astronomen von den Körpern des Himmels und von den Bewegungen derselben kennen gelehrt haben, und unsere Leser werden, wie wir glauben, oft genug Gelegenheit gehabt haben, sich über die Genauigkeit jener Angaben von Gegenständen zu verwundern, die so ungemein weit von uns entfernt sind, dass sie sich unseren Untersuchungen beinahe ganz zu entziehen scheinen. In der That kennen wir von den meisten Dingen, die uns in unserer nächsten Nähe umgeben, ihren gegenwärtigen Standpunkt und die Veränderungen, welche mit ihnen vorgegangen sind und in der Folge noch vorgehen werden, viel weniger, als uns die Orte der himmlischen Körper, und ihre Bewegungen in der Vor- und Folgezeit bekannt geworden sind. Die Astronomen pflegen die Orte der Gestirne am Himmel mit der Genauigkeit von Sekunden anzugeben. Allein ein gewöhnliches Menschenhaar bedeckt mit seiner Dicke, wenn es in der Entfernung von dem Auge gehalten wird, wo es am reinsten und dunkelsten erscheint, schon eine Minute oder 60 Sekunden am Himmel, so dass man also jene Orte der Gestirne an der Sphäre des Himmels mit einer Schärfe angeben kann, welche die Dicke eines solchen Haares weit übertrifft. Eben so haben wir gesehen, dass man die Entfernung des Mondes und mehrerer Planeten von der Erde, so schwierig dieselbe auch anfangs zu bestimmen schien, im Verhältnisse zu der Grösse dieser Entfernungen, genauer angeben kann, als man diess bei den meisten grösseren Städten der Erde, selbst unseres Welttheiles, zu thun im Stande ist (*I.* §. 66). Die Finsternisse der Sonne und des Mondes, die man mit derselben Leichtigkeit und Sicherheit für das nächste Jahr, als für irgend ein anderes der nächst vorhergegangenen oder der nächstfolgenden Jahrhunderte berechnen kann, und die, wie jeder Kalender bezeugt, auf das genaueste zutreffen — sind nicht sie allein schon ein hinreichender Beweis von der in der That bewunderungswürdigen Schärfe, mit welcher die Astronomen die Bewegungen und alle die mannigfaltigen Veränderungen kennen müssen, welche mit diesen beiden Gestirnen in der Folge der Zeiten vorgehen? Haben wir nicht gesehen, dass uns die

ferne Wiederkunft von Kometen vorausgesagt wird, die nur wenige Wochen in unserer Nähe sichtbar waren, und die dann, in ihren weiten Bahnen jenseits unseres Planetensystems volle siebenzig und mehr Jahre unseren Blicken unsichtbar, die fernsten Räume des Himmels durchwandern, bis sie endlich wieder, nach ihren langen Reisen, zu uns hernieder steigen, um sich von neuem unseren erstaunten Augen zu zeigen? — Sie sind, folgsam dem Rufe ihrer Berechner, an dem bestimmten Tage zu uns herabgekommen, und sie werden auch in der Folge der Zeiten wieder kommen, und zwar auf der Strasse wieder kommen, welche ihnen die Astronomen durch ihre Berechnungen vorzeichnen. — Und was soll man endlich von denjenigen nicht minder gewissen Bestimmungen sagen, mit welchen uns die Gestalt und die gegenseitige Lage der Planetenbahnen, eine Folge ihrer Störungen unter einander, verkündet wird, Veränderungen, welche zu einer Zeit stattgehabt haben, die dem Anfange unserer Menschengeschichte weit vorhergeht, oder die, erst nach neuen Jahrtausenden, unsere späten Enkel sehen und durch eigene Anschauung bestätiget finden werden?

Aber wie ist man zu allen diesen Kenntnissen gekommen? Wie ist es dem menschlichen Geiste möglich geworden, sich bis zu dieser Höhe zu erheben, und in dieser Wissenschaft eine Genauigkeit zu erreichen, die ihm in beinahe allen andern für immer versagt zu sein scheint? Welches sind die Mittel, deren er sich bediente? Welches sind die Instrumente, und welcher Art ist ihr Gebrauch, um damit diesen Zweck, und diese in allen anderen Wissenschaften unübertroffene Schärfe in ihren Beobachtungen zu erreichen? Denn auf Beobachtungen muss doch am Ende alles beruhen, und von ihnen muss alles ausgehen, was uns zur Kenntniss der Dinge ausser uns, was uns zur Kenntniss der Natur führen soll.

Es wird nicht uninteressant, ja es wird nothwendig sein, diese Instrumente und die Art ihres Gebrauches kennen zu lernen, weil es nur dadurch möglich wird, die Wahrheit der Theorien, welche auf den mit diesen Instrumenten gemachten Beobachtungen erbaut wurden, zu erkennen, und dadurch den Grad der Verlässlichkeit zu beurtheilen, der ihnen zukommt. In der That ist wohl jede unserer Beobachtungen, welcher Art sie auch sein mag, wie überhaupt jedes Menschenwerk, Fehlern unterworfen, diese Fehler mögen nun ihre Quelle in der Beschränktheit unseres Geistes oder unserer Aufmerksamkeit, in der Unvollkommenheit unserer Sinne oder auch derjenigen Werkzeuge haben, deren wir uns bei diesen Beobachtungen bedienen. Was uns, bei dieser Lage der Dinge, übrig bleibt, ist nur, zuzusehen, dass diese an sich unvermeidlichen Fehler so klein werden, als es unter diesen Umständen eben sein kann, und dass wir uns von dem grösstmöglichen Fehler, den wir bei jeder bestimmten Beobachtung und unter jedem gegebenen Verhältnisse noch begehen können, eine deutliche Rechenschaft zu geben wissen. Denn nur dann sind wir mit Bestimmtheit anzugeben im Stande, ob eine aus unseren Beobachtungen abgeleitete Hypothese oder eine darauf erbaute Theorie mit den Erscheinungen der Natur, welche wir dadurch darstellen oder erklären wollen, so weit übereinstimmt, dass wir sie als ein wahres Gesetz der Natur betrachten dürfen.

Wir werden uns daher in dem Folgenden mit der Beschreibung der vorzüglichsten astronomischen Instrumente, und mit der Art, sie zu

gebrauchen, beschäftigen, um dadurch die Leser in den Stand zu setzen, die Mittel, welche man bei jenen Beobachtungen anwendet, näher kennen zu lernen, und sich von der hohen Genauigkeit, welche man dabei erreichen kann, gleichsam durch eigene Ansicht zu überzeugen.

§. 2. (Schwierigkeit der Verfertigung genauer Instrumente.) Unter allen unsern mechanischen Künstlern haben es die Verfertiger der astronomischen Instrumente wohl am weitesten gebracht, und die Genauigkeit, mit welcher in unseren Tagen diese Werkzeuge gearbeitet werden, kommt der zum Sprichworte gewordenen geometrischen Schärfe am nächsten. Wer mit dem Zwecke, um den es sich hier handelt, nicht näher bekannt ist, mag es wohl für etwas sehr Leichtes halten, auf der Drehbank ein Stück Metall kreisförmig abzudrehen, und die Peripherie desselben in 360 gleiche, und jedes dieser Intervalle wieder in eine Anzahl kleinerer, unter sich ebenfalls gleicher Intervalle einzutheilen, dann das Ganze in seinem Mittelpunkte aufzustellen und in irgend einer geforderten Lage zu befestigen. Allein die praktische Ausführung dieser Aufgaben gehört zu den schwierigsten der gesammten Mechanik, wie sich schon daraus schliessen lässt, dass man, aller Bemühungen und aller darauf verwendeten Kosten ungeachtet, doch erst in der zweiten Hälfte des vergangenen, achtzehnten Jahrhunderts dahin gekommen ist, sich der Lösung dieser Aufgabe so weit zu nähern, als es das Bedürfniss der bereits sehr weit gediehenen Wissenschaft in dieser Zeit erforderte. Die Alten, sowohl die Griechen in der alexandrinischen Schule, als auch die Araber, so viel Fleiss und Mühe sie auch auf ihre oft sehr grossen und kostbaren Instrumente verwendet hatten, konnten doch Fehler von zehn Minuten und mehr in ihren Beobachtungen nicht vermeiden, und sie mussten mit diesen Fehlern zufrieden sein, da sie, mit unbewaffneten Augen, am Himmel eben nicht mehr oder nicht genauer sehen konnten, als an ihren Instrumenten. Was würde es ihnen auch genützt haben, an den letzten selbst die einzelnen Sekunden noch mit Genauigkeit zu lesen, während sie am Himmel Winkel von mehreren Minuten nicht mehr unterscheiden konnten?

Allein alles diess änderte sich, sobald das Fernrohr und das mit ihm so nahe verwandte Mikroskop erfunden war, und sobald man auf die glückliche Idee gerieth, diese beiden wunderbaren optischen Werkzeuge mit den astronomischen Instrumenten in eine unmittelbare Verbindung zu bringen. Diese Erfindung, vielleicht die schönste und nützlichste, deren der menschliche Geist sich rühmen kann, erweiterte unsere Kenntniss der sichtbaren Welt, zu beiden Grenzen derselben, beinahe in's Unendliche, und brachte Gegenstände, die uns zuvor durch ihre zu grosse Entfernung, oder auch durch ihre Kleinheit für immer unsichtbar geblieben wären, in den Bereich unserer Sinne, und dadurch in den Kreis unserer Beobachtungen. Besonders aber war es in der Astronomie, dass diese Erfindung eine für alle Zeiten merkwürdige Epoche begründete. Fortan konnte man an dem gestirnten Himmel die den Alten ganz unmerkbaren Winkel von einer, oder doch von einigen wenigen Sekunden deutlich unterscheiden, während man zugleich, durch das Mikroskop, auf der Oberfläche der astronomischen Instrumente dieselben kleinen Winkel genau zu messen vermochte. Jetzt erst drängte sich daher auch das Bedürfniss auf, diese Instrumente so einzurichten, und sie so genau einzutheilen, dass man auf ihnen diese kleinen, früher

ganz unkennbaren Winkel mit Sicherheit zu bestimmen im Stande wäre. Jeder Fehler in dieser Eintheilung, jede Unvollkommenheit in der Ausarbeitung dieser Instrumente, auch jene kleinen, welche unsere Vorgänger mit Recht übergehen mochten, und sogar, da sie dieselben nicht weiter bemerken konnten, übergehen mussten, wurden jetzt fühlbar und wirkten störend auf die Beobachtungen ein. Die geringste Unsicherheit der Hand des Künstlers, der diese Instrumente verfertigen sollte, jede noch so kleine Unvollkommenheit der Werkzeuge, deren er sich zur Verfertigung jener Instrumente bediente, konnte die letzten schon unbrauchbar machen, da sie mit jener Genauigkeit, welche uns, bei dem vorgerückten Zustande der Wissenschaft, das Fernrohr an dem gestirnten Himmel gewährte, nicht mehr gleichen Schritt hielten. Dazu kam noch die ungleiche Ausdehnung jener metallischen Massen durch Veränderungen der Temperatur, die unvermeidliche Biegung der einzelnen Theile dieser Instrumente durch ihr eigenes Gewicht und mehrere andere Rücksichten und Fehlerquellen, die jetzt den praktischen Astronomen plagen, und von denen unsere Vorgänger keine Ahnung hatten.

Es wird der Mühe werth sein, die erste dieser Fehlerquellen, die Eintheilung der astronomischen Kreise etwas näher zu betrachten. Wenn die Peripherie eines Kreises in einzelne Sekunden getheilt werden sollte, so musste sie 1296000 feine Striche oder Punkte erhalten, deren Abstände unter einander alle gleich gross sind. In jedem Kreise beträgt aber eine Sekunde der Peripherie desselben nur 0.000004848 seines Halbmessers, oder jeder Abstand zwischen zwei nächsten jener Punkte ist nur der 206200ste Theil seines Halbmessers. Bei einem Kreise von drei Fuss (432 Linien) im Durchmesser, — und grössere hat Reichenbach, der erste deutsche Mechaniker, aus guten Gründen nie verfertiget — nimmt eine Minute der Peripherie in ihrer Länge nur mehr 0.063 oder nahe $^1/_{16}$ einer Linie ein, also eine Grösse, die man mit freien Augen nicht mehr gut unterscheiden, und die man ohne Mikroskop nicht mehr mit Sicherheit auftragen kann. Aber ein Fehler von einer ganzen Minute ist schon so gross, dass er, bei dem gegenwärtigen Zustande der praktischen Astronomie, durchaus nicht mehr zugelassen werden darf. Mit den besseren, jetzt gebräuchlichen Instrumenten pflegt man die einzelne Sekunde noch anzugeben. Bei einem Kreise von drei Fuss im Durchmesser beträgt aber eine Sekunde nur 0.00105 Linien, also nahe nur den tausendsten Theil einer Linie. Eine so geringe Grösse kann man nur mit sehr starken Mikroskopen unsern Augen sichtbar machen. Welche Aufgabe ist es aber, auf der Peripherie eines solchen Kreises auch nur dreihundert und sechszig feine Striche oder Punkte so anzubringen, dass keiner von ihnen um den tausendsten Theil einer Linie versetzt, oder ausser dem für ihn bestimmten Orte steht, nichts zu sagen von den 3600 anderen Strichen, die zwischen je zweien der ersten in den Distanzen von dem tausendsten Theile einer Linie eingeschaltet werden sollen, um dadurch die einzelnen Sekunden des Kreises anzuzeigen! Ein solches Kunstwerk, das den hier aufgestellten Forderungen genau entspricht, ist wohl noch nie aus der Hand eines Menschen hervorgegangen, und wird auch in aller Folgezeit für so gut als ganz unmöglich gehalten werden können. Auch würde ein solches Instrument, wenn es durch irgend einen glücklichen Zufall einmal entstünde, seiner Natur nach auf keine Dauer Anspruch machen, und

schon in den nächsten Augenblicken nicht mehr sein, was es, im Zustande seiner grössten Vollkommenheit, gewesen ist. Die immer wechselnden Aenderungen der Temperatur der Luft, welche diese Instrumente umgeben, werden in der Lage und Gestalt ihrer Theile nicht bloss vorübergehende und sich wieder herstellende, sondern selbst constante und bleibende Verziehungen derjenigen Metalle hervorbringen, aus welchen allein diese Instrumente verfertigt werden können. Auch wird, wie bereits erwähnt, das eigene Gewicht dieser Theile Biegungen und Krümmungen erzeugen, die weder durch den symmetrischen Bau des Instruments, noch durch Gegengewichte vermieden werden können, so sorgfältig auch jener ausgeführt, so sinnreich auch diese angebracht sein mögen. Ja selbst wenn es möglich wäre, diese Uebel zu vermeiden oder durch Vorsicht zu umgehen und unschädlich machen, welche Mittel haben wir, diese Kreise an ihrer Säule zu befestigen, oder um ihre Axe zu bewegen, ohne Anwendung eines äusseren Druckes, d. h. ohne die einzelnen Theile des Instrumentes, wenn auch noch so vorsichtig, doch immer mit einer gewissen Kraft zu pressen und zu ziehen, wodurch die Gestalt und Lage derselben nicht anders, als verändert werden kann?*)

*) Die nähere Bekanntschaft mit den neueren astronomischen Instrumenten hat uns gelehrt, dass man die Ideen, die man von der Festigkeit und Stabilität der uns umgebenden Körper aus dem gemeinen Leben mitgebracht hat, als ungegründete und falsche Ansichten, als wahre Vorurtheile ganz aufgeben muss. Die massive metallene Säule ***FB***, Fig. 128, des Höhenkreises z. B., die in ihrer Grösse und Masse einer kleinen Kanone zu vergleichen ist, soll, zum gehörigen Gebrauche des Instruments, vollkommen senkrecht auf dem Horizonte stehen. Die Wasserwage gibt uns, wie wir später sehen werden, die Mittel, diese Verticalität zu untersuchen, und die Fussschrauben ***K***, ***K'***, ***K''*** des Instruments geben die Mittel, die Fehler dieser Verticalität wegzubringen. Wenn nun, durch wiederholte Versuche, diese Fehler schon sehr klein gemacht sind, und man bloss den letzten Rest derselben wegzuschaffen sucht, so kann man diess, nach Reichenbach's Rathe, nicht mehr mit jenen Fussschrauben, deren Windungen zu diesem Zwecke nicht mehr fein genug sind, sondern man wird diese Absicht viel besser dadurch erreichen, dass man die Säule an ihrem obern Ende bei ***B*** mit der Spitze des Fingers sanft von der Stelle weg drückt, wohin sie noch eine kleine Neigung gegen den Horizont hat, wo sie dann in der neuen, durch den Druck der Hand erzeugten, verticalen Lage verbleibt, so dass also diese solide Metallsäule von mehreren Zollen im Durchmesser nicht mehr als ein rigider, unbiegsamer Körper, sondern nur als eine feine Stange von weichem, biegsamem Wachse anzusehen ist, der man, durch einen sanften Druck der Fingerspitze, jede beliebige Lage geben kann. — Mit Hülfe des bekannten Fühlhebels kann man die Biegungen, welche durch äussere Kräfte hervorgebracht werden, an denjenigen Körpern noch deutlich lesen, die man sonst für ganz unbiegsam gehalten hat. Wenn man zum Beispiel eine Kanone an ihren beiden Enden auf Stützen legt, so krümmt sich, wie der Fühlhebel zeigt, der nicht unterstützte, mittlere Theil der Kanone durch die Wirkung der Schwere gleich einem dünnen, biegsamen Stabe zur Erde. Wird die Kanone bloss in ihrer Mitte auf eine einzige Stütze gelegt, so sieht man dafür die beiden Enden derselben gleich einem in der Mitte gehaltenen Fischbeine sich abwärts biegen. Man könnte diess der grössern Masse oder dem bedeutenden Gewichte der Kanone zuschreiben. Aber diese Erscheinung wiederholt sich auch bei den leichtesten Körpern, mit welchen wir noch Versuche dieser Art anstellen können. Die horizontalen Fäden, welche man in dem Brennpunkte der astronomischen Fernröhre ausgespannt findet, gehören zu den feinsten, welche die Natur oder auch die Kunst hervorbringen kann. Man pflegt sie von dem feinen Gespinnste zu nehmen, mit welchem gewisse Spinnen ihre Eier umhüllen. Diese Fäden sind so fein, dass man sie mit freien Augen nur mehr an ihrer Spiegelung erkennt, wenn sie gegen die Sonne gehalten werden. Obschon daher ihr Gewicht ohne Zweifel ganz ungemein klein ist, so sieht man doch durch die starke Vergrösserung des Fernrohrs, dass sie, wenn sie an ihren beiden Enden

Demungeachet haben unsere Künstler, in Verbindung mit den Astronomen, für welche sie arbeiten, Mittel gefunden, die einzelnen Sekunden auf ihren Instrumenten mit Sicherheit anzugeben, und seit einigen Decennien hat unsere Instrumental-Astronomie, vorzüglich durch englische und deutsche Künstler, Fortschritte gemacht, an deren Möglichkeit man vor Kurzem noch verzweifeln musste. Nicht bloss die grossen Instrumente dieser Art, die sogenannten Meisterstücke, sondern auch die kleineren, die sich jeder mit geringen Kosten anschaffen kann, sind mit einer Präcision, mit einer Vollendung gearbeitet, die wohl nur wenig mehr zu wünschen übrig lassen kann. Nur wenig — aber nicht nichts! Denn am Ende ist doch alles, was Menschenhände machen können, nur Menschenwerk, und so vortrefflich es uns auch erscheinen mag, noch immer unvollkommen. Auch werden wohl die Forderungen des Astronomen an den Künstler die Leistungen des letzteren immer hinter sich zurücklassen, und es wird daher auch immer der wahre Beobachter bemüht sein müssen, durch Geschicklichkeit in der Anwendung dieser Instrumente, durch Umsicht und Scharfsinn in dem Gebrauche derselben sich von den noch übrig bleibenden Unvollkommenheiten der Werkzeuge, die ihm der Künstler in die Hände liefert, so viel als möglich unabhängig zu machen. Der Astronom wird also darauf bedacht sein müssen, die Umstände und Verhältnisse seiner Beobachtungen zweckmässig auszuwählen, die Fehler seines Instrumentes kennen zu lernen, um sie entweder zu umgehen oder durch Rechnung unschädlich zu machen, ferner seine Operationen mit diesen Instrumenten so zu kombiniren, und die damit erhaltenen Resultate so zu behandeln, dass er daraus, so weit es von ihm abhängt, alles Unvollkommene entfernt und sich dadurch der gesuchten Wahrheit so weit nähert, als es überhaupt dem Menschen erlaubt ist, dieses nur für höhere Wesen, wie es scheint, bestimmte Gut zu erreichen.

In diesen wenigen Zügen ist das eigentliche Geschäft des praktischen Astronomen gezeichnet, ein schwieriges, mühevolles, aber auch durch den erhabenen Gegenstand, auf den es gerichtet ist, und durch die Genüsse, die ein glücklicher Erfolg desselben gewährt, ein edles und in hohem Grade beglückendes Geschäft, um welches ihn die übrigen Menschen beneiden würden, wenn sie die Annehmlichkeiten desselben überhaupt kennten.

Wir wollen nun diese Instrumente und die Art, sie anzuwenden,

in dem Fernrohre befestigt, und auf das beste horizontal gespannt werden, in ihrer Mitte sich krümmen, und daher keine gerade, sondern eine krumme, gegen den Horizont convexe Linie bilden, nicht anders, als ein dickes Seil oder eine schwere Kette von beträchtlicher Länge, die auch bekanntlich keine Kraft an ihren Enden so stark spannen kann, dass sie eine vollkommen gerade Linie bilden. — Ein anderes Mittel, die Veränderlichkeit der Körper, die man gewöhnlich für unveränderlich hält, zu untersuchen, geben unsere äusserst empfindlichen Wasserwagen. Legt man eine solche Wage auf die Fensterbrüstung eines Hauses, selbst im ersten Stockwerk, selbst von dem solidesten Mauerwerke, und drückt man dann mit der Hand stark gegen die Wand des Fensters, so sieht man augenblicklich die Lage der Blase sich verändern, und wenn der Druck nachlässt, sich wieder herstellen, zum Zeichen, dass auch unsere stärkste Mauer, wie jene Säule an dem Höhenkreise jedem Drucke nachgibt, wie denn überhaupt jede auf einen Körper ausgeübte Kraft auch eine Wirkung auf denselben hervorbringen muss, obschon diese Wirkung in vielen Fällen so klein sein wird, dass wir sie, mit unseren Sinnen, nicht mehr bemerken können.

so weit dieses mit dem Zwecke der gegenwärtigen Schrift vereinbar ist, näher betrachten.

§. 3. (Instrumente der Alten: Gnomon.) Das älteste und zugleich einfachste Instrument, welches wir kennen, ist der Gnomon, von dem wir bereits früher (*I.* §. 49) gesprochen haben. Er besteht in einer vertikal stehenden Säule und ist vorzüglich zu Sonnenbeobachtungen bestimmt. Indem man nämlich die Länge des Schattens misst, welchen diese von der Sonne beschienene Säule auf den horizontalen Boden wirft, auf welchem sie steht, kann man daraus und aus der bekannten Länge der Säule selbst die Höhe der Sonne finden, wie an dem erwähnten Orte gezeigt wurde.

Die Alten beobachteten die Sonne am Gnomon vorzüglich zur Zeit der beiden Solstitien (*I.* §. 42) oder im Anfange des Sommers und des Winters, wo die Sonne im Mittage am höchsten oder am tiefsten steht, um daraus die Schiefe der Ekliptik (*I.* §. 48) abzuleiten. Wir haben bereits an dem angeführten Orte die älteste Beobachtung an dem Gnomon, und überhaupt die älteste aller astronomischen Beobachtungen, die auf uns gekommen ist, angeführt, die in dem Jahre 1100 vor Chr. Geb. in China gemacht und uns von dem Jesuiten Gaubil mitgetheilt wurde. Verbinden wir damit noch eine andere dort (*I.* §. 50) erwähnte, die ebenfalls durch ihr hohes Alterthum ausgezeichnet ist. Der Grieche Pytheas, der durch seine astronomischen Kenntnisse und durch seine zur Verbesserung der Geographie unternommenen grossen Reisen bei den Alten in hohem Ansehen stand, beobachtete in Marseille im Jahre 320 vor Chr. Geb. (drei Jahre vor dem Tode Alexanders des Grossen) zur Zeit des Sommersolstitiums die Sonne an einem Gnomon, dessen Höhe 120 und dessen mittägige Schattenlänge $41\frac{4}{5}$ Fuss betrug. Daraus folgt die Höhe der Sonne gleich $70^0\ 48'$ oder genauer $70^0\ 32'$, da man den Schatten des Gnomons, wegen des Halbmessers der Sonne, der $16'$ beträgt, zu kurz beobachtet hat. Nimmt man davon die schon aus anderen Beobachtungen bekannte Aequatorhöhe von Marseille, die gleich $46^0\ 42'$ ist, weg, so erhält man für die gesuchte Schiefe der Ekliptik zur Zeit des Pytheas $23^0\ 50'$, während sie in unsern Tagen $23^0\ 28'$ beträgt, so dass sie also seit 2170 Jahren um 22 Minuten abgenommen hat, ziemlich übereinstimmend mit dem, was früher (*I.* §. 50) von dieser Abnahme gesagt ist.

Statt bloss das Ende des Schattens zu beobachten, der wegen der ihn umgebenden Halbschatten immer schlecht begrenzt ist, wird man besser an der höchsten Spitze des Gnomons eine Metallplatte mit einer kleinen runden Oeffnung anbringen, und dann die Entfernung des Fusspunktes des Gnomons von dem durch diese Oeffnung auf den Boden projicirten Bilde der Sonne messen. Die alexandrinischen Griechen, unter ihnen besonders Eratosthenes, so wie auch früher schon die Aegyptier und Chinesen bedienten sich häufig dieses einfachen Instruments, auf welches sie gleichsam schon von der Natur selbst gewiesen wurden, wenn sie die abwechselnde Schattenlänge der Berge, Bäume oder Thürme bemerkten.

Unter der Regierung des Kaisers Augustus wurde der grosse Obelisk, 117 röm. Fuss Länge, den Sesostris im Jahr 967 vor Chr. Geb. in Aegypten errichten liess, nach Rom gebracht, und daselbst, unter der Anleitung des Manlius, auf dem Marsfelde aufgestellt, um daran, wie

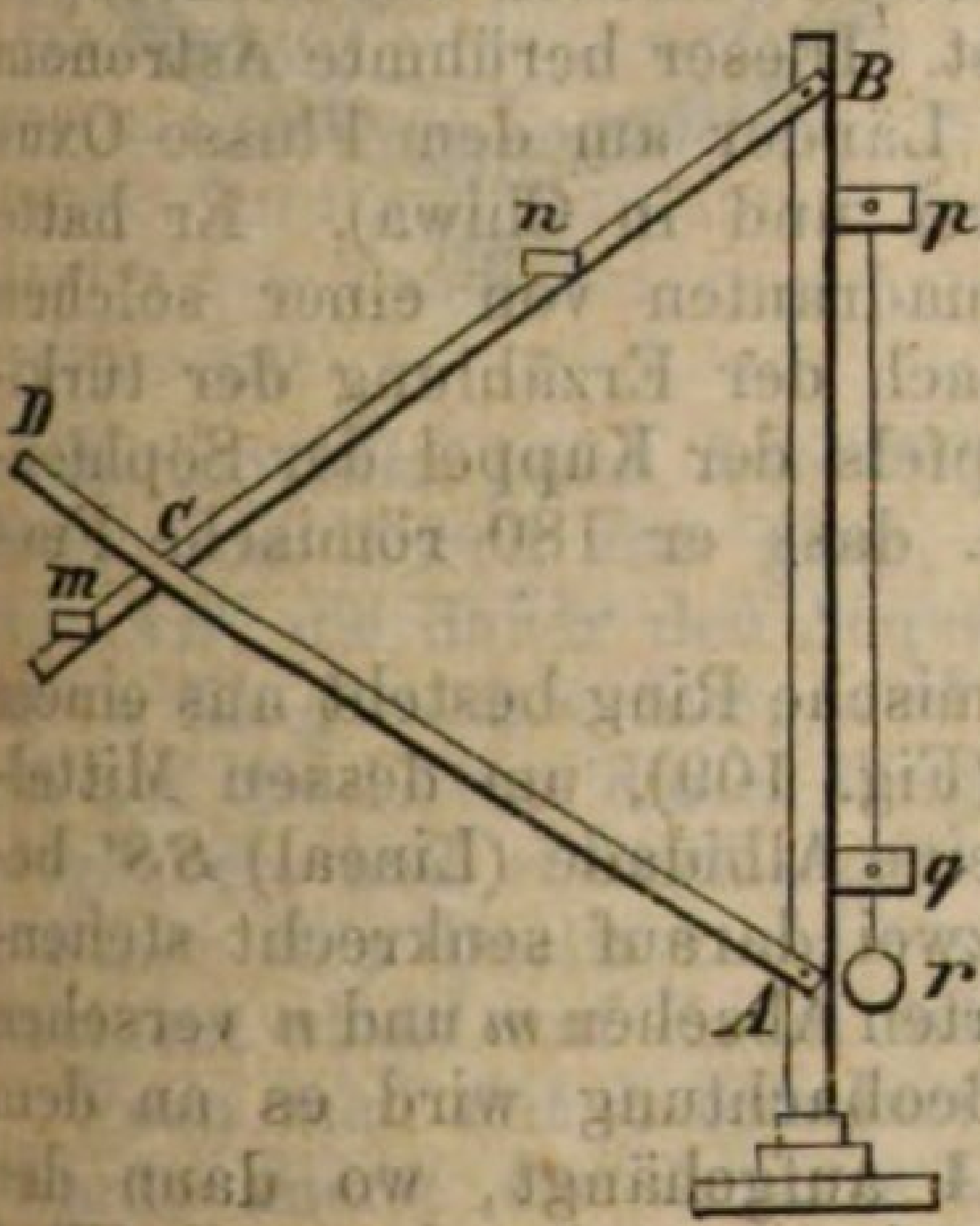
Plinius H. N. Lib. 36 sagt, die Bewegungen der Sonne zu beobachten; er wurde mehr als eine Art von Sonnenuhr gebraucht, um nämlich den Augenblick des wahren Mittags durch den Vorübergang des Sonnenbildes an der, am Fussboden des Gemaches hinter dem Gnomon gezogenen Meridianlinie zu erkennen. Coschuking stellte im Jahre 1278 einen Gnomon von 40 Fuss in Peking her, und Ulug Beigh im Jahre 1430 einen andern in Samarkand von 165 Fuss.

In den letzten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung haben sich besonders die Italiener bemüht, Gnomone von bedeutender Grösse zu errichten. Sie bedienten sich dazu ihrer hohen Kirchen, deren Wände sie an ihren höchsten Theilen durchbohrten, wo sie dann, durch diese Oeffnung, das Bild der Sonne auf den gegenüberliegenden Fussboden der Kirche fallen liessen. Einen solchen Gnomon errichtete Paul Toscanelli im Jahre 1467 in der berühmten Kuppel der Kathedrale zu Florenz. Die erwähnte Oeffnung war in der Höhe von 277 Fuss über dem Fussboden der Kirche angebracht. Diess ist der grösste aller bisher bekannten Gnomone. Einen andern von 51 Fuss konstruirte Gassendi im J. 1636 in der Kirche des Oratoriums zu Marseille; Ignazio Danti einen andern von 67 Fuss in der Kirche des h. Petronius zu Bologna, der später von Cassini wieder hergestellt wurde; Bianchini erbaute in der Karthäuserkirche zu Rom (den ehemaligen Bädern des Diocletian) zwei sehr schöne Gnomone von 62 und 75 Fuss; Sully und le Monnier errichteten einen Gnomon von 80 Fuss in der Kirche des h. Sulpitius zu Paris, an welchem le Monnier viele Jahre durch die Solstitialhöhe der Sonne beobachtete und auf einer gegenüberstehenden Marmorplatte eingrub. Einer der letzten Gnomone wurde von den Astronomen Cesaris und Reggio in der Kathedrale zu Mailand im J. 1786 errichtet. Auf den ältern Sternwarten findet man sie noch oft genug, aber in den neueren Zeiten hat man sie grösstentheils verlassen, und mit Recht, da sie lange nicht die Genauigkeit gewähren, welche man mit unsern andern Instrumenten erreichen kann. Die Ursache davon liegt grösstentheils in der Unsicherheit der Messung der wahren Schattenlänge und in der Veränderlichkeit der Lage hoher Gebäude. Wir haben schon, in der vorhergehenden Note, Gelegenheit gehabt, von der Leichtigkeit zu sprechen, mit welcher auch die stärksten Mauern jedem Drucke nachgeben. Aber die Wirkung der Sonne, wenn sie diese Mauern bescheint, und die Folgen des Frostes und des Wiederaufthauens dieser Mauern sowohl, als auch des Bodens, auf dem sie stehen, ist noch viel bedeutender. Schon Bouguer hat darüber Beobachtungen angestellt. Er hatte in der durchbrochenen Wand des Doms der Invaliden zu Paris ein Fernrohr eingemauert, um demselben zu besonderen Untersuchungen eine, wie er glaubte, fixe und unveränderliche Stellung zu geben. Allein er bemerkte bald, dass die Lage dieses Fernrohrs sich änderte, wenn das Gebäude auf der einen oder der andern Seite von der Sonne beschienen war. Durch eingemauerte Libellen, die nie von dem Sonnenlicht unmittelbar getroffen werden konnten, beobachteten die Mailänder Astronomen an dem sehr soliden Gebäude ihrer Sternwarte regelmässige, tägliche Schwankungen, die sich nach dem Stande der Sonne gegen das Gebäude richteten. Die Sternwarte Piazzi's in Palermo, der ehemalige Thurm eines arabischen Emirs, war äusserst solid, und die Dicke der Wände derselben betrug gegen sechs Fuss. Auf dieser Sternwarte be-

obachtete Piazzi durch mehrere Jahre den Polarstern, in der Hoffnung, in der Bewegung desselben eine jährliche Parallaxe (*I.* §. 68, 72) dieses Sterns zu entdecken. Er fand auch in der That solche Veränderungen der Lage desselben, die mit den Jahreszeiten periodisch wiederkehrten, und sich mit einer parallaktischen Bewegung des Sterns nahe genug in Uebereinstimmung bringen liessen. Allein da alle andern Beobachter nichts Aehnliches an dem Polarstern fanden, so konnte man nicht umhin, an der Richtigkeit der Voraussetzung Piazzi's zu zweifeln, bis endlich er selbst auf die Erklärung verfiel, dass nicht der Stern, sondern seine Sternwarte, ihrer Solidität ungeachtet, solchen periodischen, von der Jahreszeit abhängigen Schwankungen unterworfen sei, eine Idee. die sich bald darauf vollkommen bestätigte.

§. 4. (Instrumente der Alten: Triquetrum, Astrolabium, Armillen.) Die Griechen der alexandrinischen Schule bedienten sich zum Höhenmessen der Gestirne eines Instrumentes, das aus drei Linealen zusammengesetzt war, und das sie desshalb Triquetrum nannten. Es ist in Fig. 108 so abgebildet, wie es Ptolemäus in seinem Almagest (*Lib. V.* 12) beschreibt. Es besteht aus einer vertikalen Säule *AB*, an welcher sich zwei Regeln *BC* und *AC* in Gewinden auf und ab bewegen. Die Regel *BC* trägt zwei auf sie senkrecht gestellte Absehen *m* und *n*, deren jedes mit einer kleinen Oeffnung versehen ist. Man erhebt die Regel *BC* so lange, bis das Auge hinter *m* das Gestirn durch die beiden Oeffnungen der Absehen erblickt, in welcher Lage von *BC* dann die andere Regel *AC* so auf *BC* gelegt wird, dass die Distanzen *BA* und *BC* einander gleich sind. Zu diesem Zwecke theilt man die Linie *BA* sowohl, als auch die ihr gleiche *BC* in 60 gleiche Theile, und trägt dann dieselben Theile, nur in einer grösseren Anzahl, auf die dritte Regel von *A* nach *D* auf. Diesem gemäss ergibt sich in jeder Beobachtung, durch die erwähnte Stellung der drei Regeln, ein gleichschenkliges Dreieck *ABC*, in welchem die beiden gleichen Seiten *BA*, *BC* die Halbmesser eines Kreises, dessen Mittelpunkt *B*, und in welchem die dritte Seite *AC* die Sehne des ihr gegenüberstehenden Winkels *ABC* vorstellt. Die Grösse dieser Sehne erhält man für jede Stellung der Regeln durch eine einfache Zählung der auf der Regel *AD* aufgetragenen Theile von *A* bis *C*, und aus dieser Sehne *AC* findet man den ihr entsprechenden Winkel *ABC* durch eine zu diesem Zwecke eigens berechnete Tafel, welche in einem Kreise des Halbmessers 60 für jeden Winkel die zu ihm gehörende Sehne gibt, ganz eben so, wie man aus unsern Sinustafeln für jeden Winkel den ihm entsprechenden Sinus findet und denn auch in der That der Sinus eines Winkels nichts anders als die halbe Sehne eines doppelt so grossen Winkels ist. Der hier gefundene Winkel *ABC* ist aber, wie man leicht sieht, eben die gesuchte Zenithdistanz der Sonne. Hat man z. B. in irgend einer Beobachtung die Länge der Sehne *AC* gleich 40 solcher Theile gefunden, von denen jeder der beiden Halbmesser

Fig. 108.



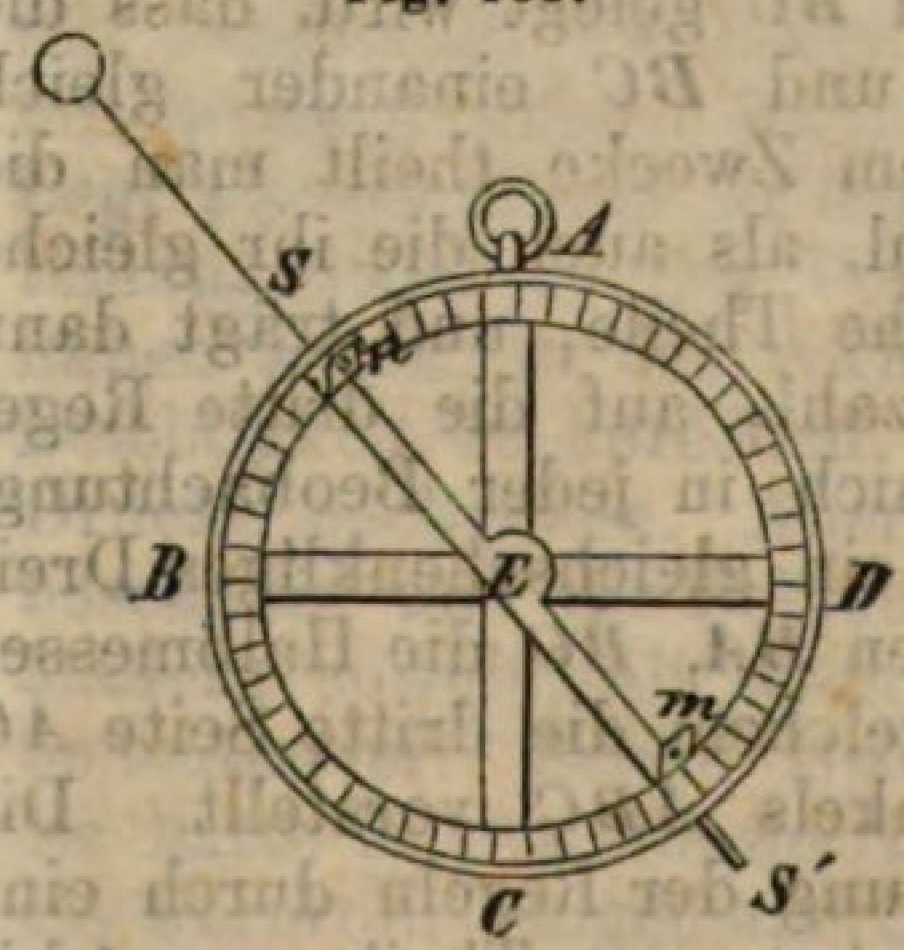
60 hatte, so war die Zenithdistanz *ABC* der Sonne gleich 38° 56′ 33″, und daher ihre Höhe gleich 51° 3′ 27″.

Zur Versicherung der Vertikalität der Säule *AB* diente ein sogenanntes Loth *pq* oder ein durch das Gewicht *r* gespannter, frei hängender Faden, mit dem daher die Säule *AB* parallel gestellt werden musste.

Man sieht, dass ein Instrument dieser Art, selbst wenn es mit aller Sorgfalt der neueren Mechanik konstruirt würde, keine grosse Genauigkeit in den Beobachtungen gewähren könnte. Auch bedienten sich desselben die den Griechen folgenden Araber nur im Anfange ihrer astronomischen Arbeiten, und ersetzten es bald durch den bereits oben (*I.* §. 43) erwähnten Quadranten, dessen Einrichtung aus der dort gegebenen Beschreibung hinlänglich klar sein wird, so dass wir ihn hier um so mehr übergehen können, als er nun auch schon ausser Gebrauch ist, etwa den sogenannten Mauerquadranten ausgenommen, von welchem wir später sprechen werden. Wir bemerken hier nur noch, dass der grösste Quadrant, dessen man sich je zu astronomischen Beobachtungen bediente, der des Ulug Beigh gewesen ist. Dieser berühmte Astronom war gegen das Jahr 1430 Beherrscher der Länder am dem Flusse Oxus (des heutigen Amu in der grossen Bucharei und in Chiwa). Er hatte in seiner Hauptstadt Samarkand einen Quadranten von einer solchen Grösse, dass der Halbmesser desselben, nach der Erzählung der türkischen Geschichtschreiber, der Höhe des Gipfels der Kuppel der Sophienkirche in Konstantinopel gleichkam, d. h. dass er 180 römische Fuss mass.

Das Astrolabium oder der astronomische Ring besteht aus einem in einzelne Grade getheilten Ring *ABCD* (Fig. 109), um dessen Mittelpunkt *E* sich eine Alhidade (Lineal) *SS′* bewegt, die mit zwei darauf senkrecht stehenden durchlöcherten Absehen *m* und *n* versehen ist. Bei der Beobachtung wird es an dem kleinen Ringe *A* aufgehängt, wo dann der Durchmesser *BD* horizontal stehen soll. Wird in dieser Lage des Instruments die Alhidade *SS′* so gestellt, dass das Auge bei *S′* durch die beiden Oeffnungen der Absehen das Gestirn, z. B. die Sonne, erblickt, so gibt der Winkel *S′ED* der Alhidade mit dem Halbmesser *BD* oder auch der jenem gleiche Winkel *SEB* die gesuchte Höhe der Sonne an. Man sieht, wie vielen Unvollkommenheiten ein Instrument dieser Art unterworfen ist, auch wurde es nicht lange gebraucht, und bloss in der Marine, wo man gewöhnlich mit einer geringern Genauigkeit zufrieden ist, erhielt sich dasselbe bis in das vorige Jahrhundert. Jetzt ist es, auch unter den Schiffern, durch den viel genaueren Sextanten schon längst verdrängt. Uebrigens bezeichnete man später mit dem Namen Astrolab einen auf einem Fussgestelle horizontal liegenden Kreis mit einer Alhidade, deren Absehen höher sind, als die in Fig. 108 erwähnten, um durch die Oeffnungen derselben die Spitzen hoher terrestrischer Objekte und selbst die Gestirne zu sehen. Wir werden weiter unten ein diesem ähnliches, aber viel

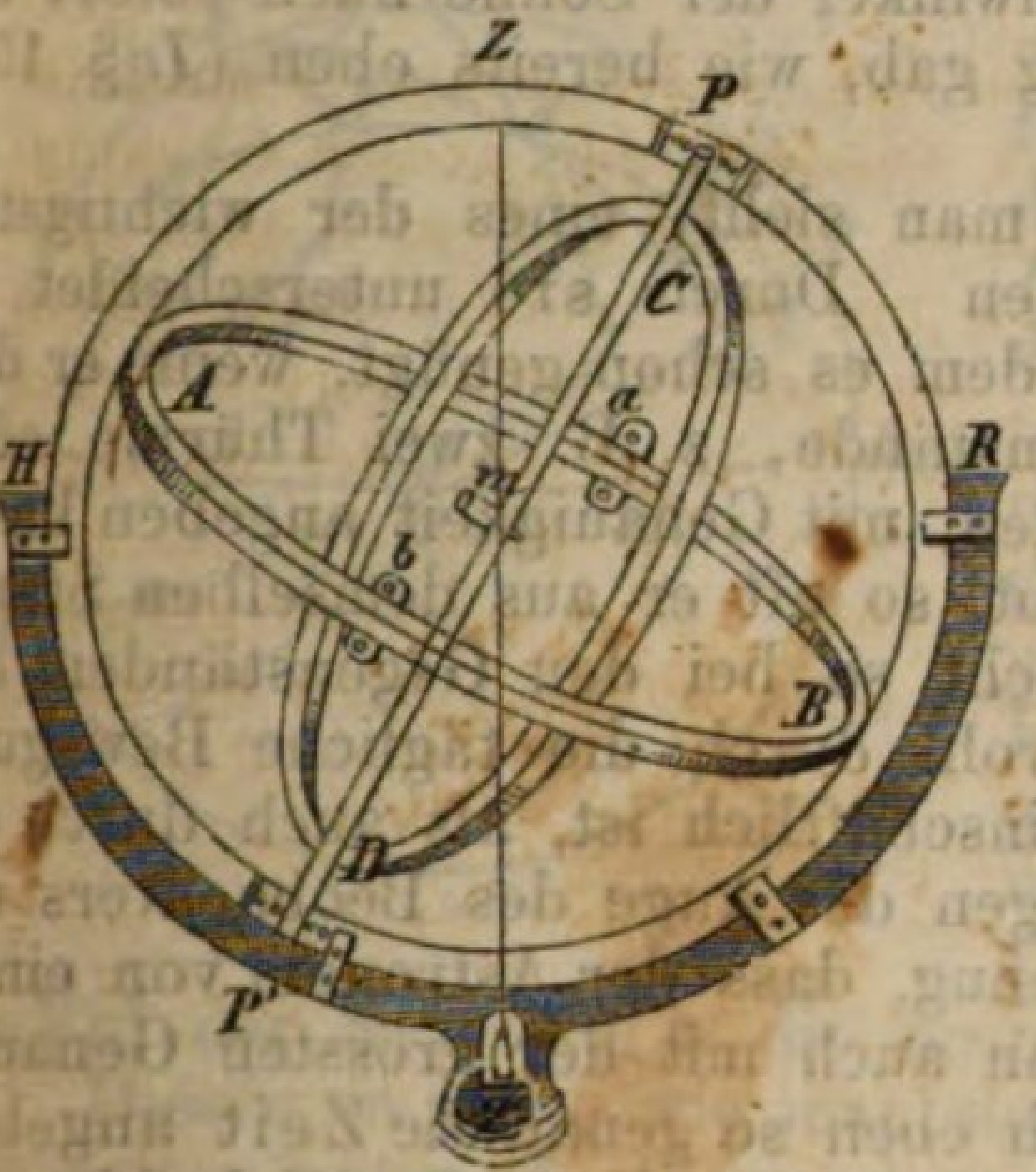
Fig. 109.



vollkommener gebautes Instrument unter dem Namen Theodolit kennen lernen.

Armillarsphären oder Armillen nannte man verschiedene Verbindungen von Kreisen, durch welche man den Aequator, die Ekliptik und die darauf senkrechten Kreise darstellte. In Fig. 110 ist ein solches Instrument abgebildet, dessen sich schon Hipparch und Ptolemäus bedienten, und an welchem Tycho Brahe den grössten Theil seiner Planeten-Beobachtungen machte. Der äussere Kreis *HZR* stellt den Meridian vor, d. h. bei den Beobachtungen wurde dieser Kreis in den Meridian gestellt, so dass von den Punkten *H* und *R* des Horizonts der erste nach Süd und der zweite genau nach Nord, und dass die Endpunkte *P*, *P'* der Axe nach dem Nord- und Südpole gerichtet waren. Der Faden *ZZ'*, mit seinem Gewichte bei *Z'* zeigte die Zenithlinie an.

Fig. 110.



Der Mittelpunkt jener Axe *PP'* war mit einem kleinen Cylinder *m* versehen, und durch ihn ging, senkrecht auf die Axe, die Ebene des Rings *AB*, die daher den Aequator vorstellte. Dieser Ring war an dem äussern Ringe *HZR* fest, und mit Absehen *a* und *b* versehen. Senkrecht auf die Ebene dieses Ringes *AB* war ein anderer, um die Axe *PP'* beweglicher, und ebenfalls mit Absehen versehener Ring *CD* angebracht, der daher den Declinations- oder Stundenkreis vorstellte. Das ganze Instrument stand auf einem festen Fussgestelle bei *Z'*.

Wenn man mit diesem Instrumente eine Beobachtung machen wollte, so wurde zuerst der äussere Ring *HZR* in den Meridian und mittelst des Lothes der Punkt *Z* in das Zenith, also auch *P* in den Nordpol des Aequators gebracht, und dann der bewegliche Declinationskreis *CD* so weit verschoben, bis man durch die Absehen desselben das zu beobachtende Gestirn bemerkte, wo dann der Kreis *CD* auf dem Aequator *AB* den Stundenwinkel, und wo die Absehen des Kreises *CD* auf ihm selbst die Declination des Gestirns anzeigten. Hatte man zuvor die Absehen *a* und *b* des Aequators, mittelst eines schon bekannten Gestirns, so gestellt, dass sie den Frühlings- und Herbst-Nachtgleichenpunkt bezeichneten, so konnte man auf diese Weise zugleich die Rectascension des zu beobachtenden Gestirns finden, und daher auch die Sternzeit der Beobachtungen angeben.

§. 5. (Zeitbestimmung durch Instrumente der älteren Astronomen.) Gewöhnlich brauchte Tycho diese Instrumente zur Bestimmung der Zeit der anderen Beobachtungen, die er an seinen grossen Quadranten oder Sextanten gemacht hatte, indem er nämlich an der in dem Meridian aufgestellten Armillarsphäre den Declinationskreis *CD* derselben auf irgend einen grössern, in seiner Rectascension schon bekannten Fixstern stellte, wodurch er sofort den Stundenwinkel dieses Sterns auf seinem Aequatorialring *AB* ablesen konnte. Die Summe des so erhaltenen Stunden-

winkels und der schon bekannten Rectascension des Sterns gab ihm dann sofort die Sternzeit der Beobachtung, woraus er leicht (*I.* §. 157) auch die mittlere Sonnenzeit derselben Beobachtung finden konnte. Am einfachsten war dieses Verfahren, wenn er statt irgend eines bekannten Fixsterns unmittelbar die Sonne wählte, weil dann der an dem Aequatorringe *AB* abgelesene Stundenwinkel der Sonne auch sofort die wahre Sonnenzeit der Beobachtung gab, wie bereits oben (*I.* §. 155) erklärt worden ist.

Diese Zeitbestimmung ist, wie man sieht, eines der wichtigsten Geschäfte des praktischen Astronomen Durch sie unterscheidet er sich wesentlich von dem Feldmesser, dem es schon genügt, wenn er den Winkel, welchen zwei irdische Gegenstände, z. B. zwei Thürme oder zwei Bergspitzen, in seinem Auge bilden, mit Genauigkeit angeben kann, da dieser Winkel immer derselbe bleibt, so oft er aus demselben Standpunkte des Auges gesehen wird. Nicht so bei den Gegenständen des Himmels. Die Gestirne ändern, sowohl durch die tägliche Bewegung des Himmels, die allen Sternen gemeinschaftlich ist, als auch durch die ihnen eigene Bewegung ihre Lage gegen das Auge des Beobachters unaufhörlich, und es ist daher nicht genug, dass der Astronom von einem dieser Gestirne, z. B. die Höhe, wenn auch mit der grössten Genauigkeit angibt, sondern er muss zugleich eben so genau die Zeit angeben, in welcher er jene Höhe beobachtet hat, wie diess für sich klar ist, weil diese Höhe sich jeden Augenblick ändert.

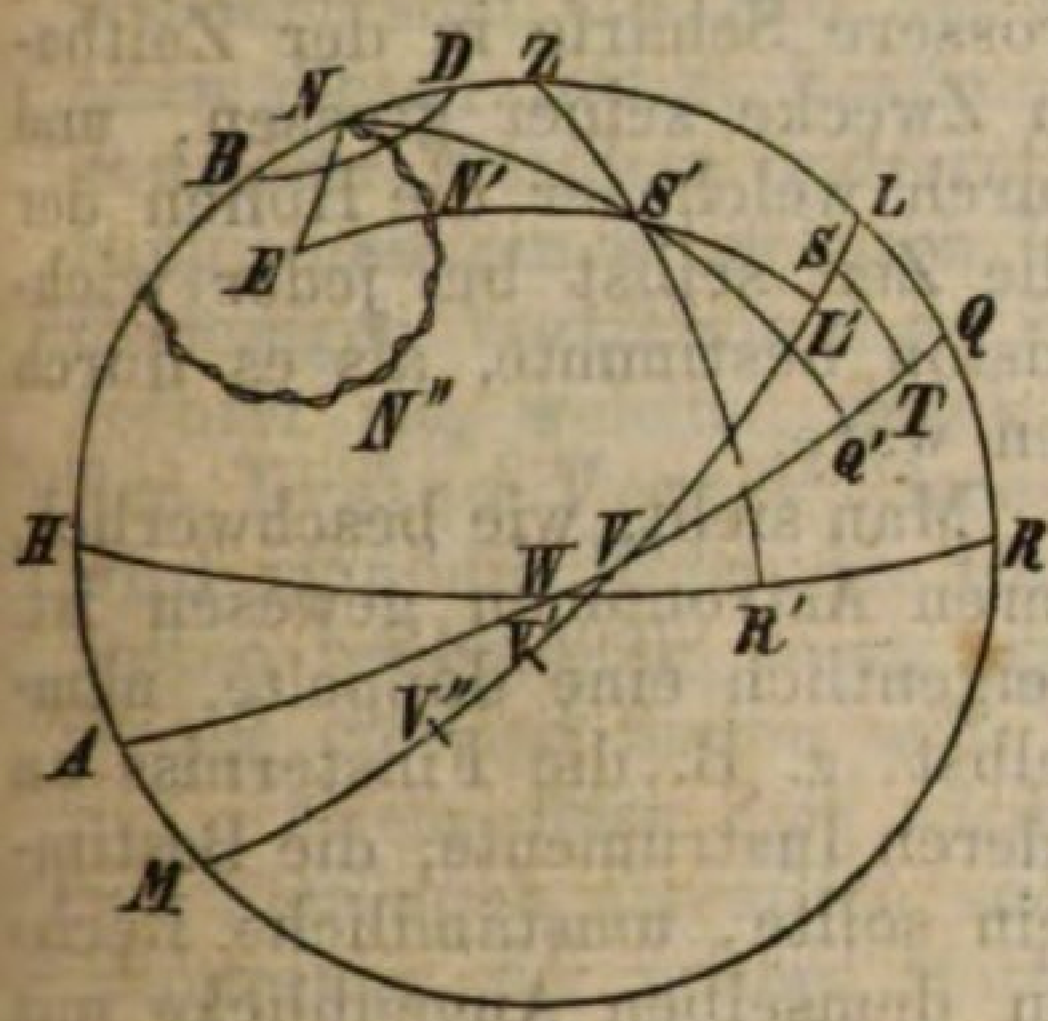
Da aber die Armillarsphäre, wie man aus der vorhergehenden Beschreibung derselben ohne unsere Erinnerung bemerkt haben wird, weder in ihrer Konstruktion durch den Künster, noch in ihrer Aufstellung durch den Astronomen eine grosse Genauigkeit gewähren kann, so wird auch das erwähnte Verfahren, durch dieses Instrument die Zeit zu bestimmen, keiner grossen Schärfe fähig sein. Aus diesem Grunde war man schon in den älteren Zeiten auf andere Mittel bedacht, die Zeit der Beobachtung, dieses wichtigste Element der gesammten praktischen Astronomie, für jeden Augenblick mit mehr Verlässlichkeit zu bestimmen. Das beste Mittel zu diesem Zwecke gab aber dieselbe Veränderlichkeit der Höhe der Gestirne, von welcher wir soeben gesprochen haben. Während des täglichen Umlaufes jedes Sterns um die Erde kommt derselbe in alle die verschiedenen Höhen, in die er überhaupt, nach der Lage seines Parallelkreises gegen den Horizont des Beobachters, kommen kann, und so wie zu jeder Zeit nach der Kulmination des Sterns, d. h. wie zu jedem Stundenwinkel desselben eine bestimmte Höhe gehört, so wird auch umgekehrt jeder gegebenen Höhe ein bestimmter Stundenwinkel, d. h. eine bestimmte Zeit entsprechen, und man wird daher die letzte finden können, wenn die erste durch irgend eine Beobachtung gegeben ist.

Diesem gemäss pflegten die älteren Astronomen in dem Augenblicke einer jeden Beobachtung, z. B. in dem Augenblicke des Anfangs oder des Endes einer Finsterniss, mittelst des oben erwähnten Quadranten die Höhe der Sonne oder irgend eines andern bekannten Gestirns zu messen, woraus sie dann die Zeit jener Beobachtung auf folgende Art ableiteten.

Sei (*I.* Fig. 2) *S* die Sonne für den Augenblick jener Beobachtung, deren Zeit man bestimmen kann; sei ferner *Z* das Zenith und *N*

der Nordpol des Aequators. Wenn man die Höhe $S'R'$ der Sonne über dem Horizonte HR beobachtet hat, so kennt man auch die Zenithdistanz ZS' derselben, die nämlich gleich 90⁰ weniger jener Höhe ist. Eben so ist aber auch, aus den Sonnentafeln oder aus den astronomischen Ephemeriden, die Poldistanz NS' der Sonne für diesen Tag bekannt, so wie die Polhöhe HN des Beobachtungsortes, die gleich der geographischen Breite des Beobachters, und überdiess auch gleich 90⁰ weniger ZN ist. Man kennt so im sphärischen Dreiecke NZS' alle drei Seiten, und wird daher, mittelst der bekannten Formeln der sphärischen Trigonometrie, auch den Winkel ZNS' dieses Dreiecks mit aller Schärfe berechnen können. Dieser Winkel ist aber der Stundenwinkel der Sonne, d. h. die gesuchte wahre Sonnenzeit (*I.* §. 152).

Fig. 2.



Dieses an sich, wie man sieht, sehr einfache Verfahren, für das wir weiter unten (§. 43) noch eine besondere Erleichterung angeben werden, wird etwas zusammengesetzter, wenn man, zur Bestimmung der Zeit, nicht die Sonne, die sich dazu vorzüglich eignet, sondern wenn man die Höhe irgend eines bekannten Sterns beobachtet, eine Beobachtung, zu welcher man öfter gezwungen ist, z. B. wenn man den Augenblick einer zur Nachtzeit angestellten Beobachtung, wo man die Sonne nicht sehen kann, nach Art der Alten bestimmen will.

Sei also S' der gewählte Stern, dessen Rectascension VQ' und Poldistanz NS' bekannt sein sollen. Nehmen wir an, dass zur Zeit der Beobachtung dieses Sterns in S' die Sonne in der Ekliptik VL den Punkt S einnehme, so dass also VS die Länge der Sonne für diesen Augenblick vorstellt. Lässt man von S auf den Aequator VQ einen senkrechten Kreisbogen ST herab, so wird VT die Rectascension der Sonne für denselben Augenblick bezeichnen; wir wollen voraussetzen, dass man, aus den astronomischen Ephemeriden, auch diese Rectascension VT der Sonne bereits kenne.

Wenn man nun die Höhe $S'R'$ des Sterns oder, was dasselbe ist, die Zenithdistanz ZS' desselben beobachtet, so wird man in dem Dreiecke NZS', in welchem wieder alle drei Seiten gegeben sind, ganz wie zuvor, den Stundenwinkel ZNS' des Sterns, d. h. mit andern Worten: den Bogen QQ' des Aequators durch Rechnung finden. Da man aber offenbar hat

$$TQ = VQ - VT \text{ oder } TQ = QQ' + VQ' - VT$$

so wird man auch die gesuchte wahre Sonnenzeit durch folgende Gleichung erhalten:

Wahre Zeit = Stundenwinkel des Sterns, mehr Rectascension des Sterns, weniger Rectascension der Sonne.

Setzt man, was für die Berechnung bequemer ist, in dem letzten Gliede dieser Gleichung nicht, wie bisher vorausgesetzt wurde, die Rectascension der wahren, sondern die Rectascension der mittleren Sonne (*I.* §. 153), so erhält man auch, statt der wahren Sonnenzeit unmittel-

bar die mittlere Zeit, und diese letztere ist es, in welcher die Astronomen die Epoche ihrer Beobachtungen vorzugsweise anzugeben pflegen.

Auf diese Weise also verfuhren die älteren Astronomen, um für jede ihrer Beobachtungen die Zeit derselben zu bestimmen. Tycho besonders, welcher der erste auf eine grössere Schärfe in der Zeitbestimmung drang, bediente sich zu diesem Zwecke seiner grossen, und für jene Zeit sehr genauen Quadranten, durch welche er die Höhen der Sterne auf etwa eine Minute, also auch die Zeit selbst bei jeder wichtigen Beobachtung mit viel grösserer Präcision bestimmte, als es durch Hülfe der Armillarsphären möglich gewesen wäre.

§. 6. (Zeitbestimmung der neueren Astronomen.) Man sieht, wie beschwerlich, und zeitraubend dieses Geschäft der älteren Astronomen gewesen ist. Jede Beobachtung, die sie machten, war eigentlich eine doppelte, nämlich zuerst die eigentliche Beobachtung selbst, z. B. die Finsterniss an einem Instrumente, und dann, an dem anderen Instrumente, die Bestimmung der Zeit, welche, wenn sie genau sein sollte, umständliche Rechnungen erforderte, und überdiess noch in demselben Augenblicke mit jener ersten Beobachtung angestellt werden sollte, wodurch nicht nur zwei Instrumente, sondern auch zwei Beobachter nothwendig wurden.

Und dieses Uebel konnte so lange nicht vermieden werden, als man kein Mittel hatte, grössere Intervalle der Zeit in kleinere und gleiche Theile zu theilen. Ein solches Mittel konnte man aber nur in einer anderen Gattung von Instrumenten finden, welche eine regelmässige und völlig gleichförmige Bewegung zeigten. Diese Instrumente sind unsere Uhren, von welchen wir später umständlich sprechen werden. Hier wollen wir nur voraussetzen, dass eine solche Uhr von einem Tage zum andern regelmässig fortgehe, und den Ablauf jeder Stunde, Minute und Sekunde genau anzeige.

Mit Hülfe einer solchen Uhr war es nun nicht mehr nothwendig, bei jeder Finsterniss oder bei der Beobachtung jeder anderen Erscheinung des Himmels auch zugleich die Zeit dieser Beobachtung zu bestimmen, sondern es war schon genug, diese Uhr nur jeden Tag mit der Sonne oder mit Sternen zu vergleichen, und dann bloss den Stand der Uhr im Augenblicke jener Beobachtung abzulesen, um daraus auch sofort die richtige Zeit jener Beobachtung zu finden.

§. 7. (Correspondirende Höhen zu Zeitbestimmungen.) Es wird im Allgemeinen gleichgültig sein, welchen Augenblick und welches Gestirn man zu dieser Vergleichung wählt. Der Einfachheit wegen wollen wir zuerst annehmen, dass man zu diesem Behufe die Sonne und zwar im Mittage benütze. Dann wird es sich zunächst um folgende Frage handeln: wie findet man den Augenblick des Mittags eines jeden Tages, damit man den Fehler der Uhr für diesen Mittag bestimmen kann?

Man könnte dazu das oben gegebene Verfahren, die Zeit überhaupt zu bestimmen, auch hier wieder anwenden, und mit dem Fernrohre des Quadranten die Sonne so lange verfolgen, bis sie ihre grösste Höhe über dem Horizonte erreicht, wo sie also in dem Felde des Fernrohrs nicht mehr steigt, sondern eben zu fallen anfängt. Aber dieses Verfahren würde sehr unverlässlich sein, und man würde dadurch nie die Zeit mit einiger Schärfe bestimmen, da man sie doch, nach den Bedürfnissen der neueren Astronomie, bis auf eine Sekunde, ja selbst bis auf das Zehntheil einer Sekunde genau zu kennen braucht. Die

Sonne und überhaupt alle Gestirne verändern nämlich, wenn sie dem Meridian, ihrem Mittage nahe kommen, ihre Höhe sehr langsam, und in dem Meridian selbst einige Zeit gar nicht, so dass es daher sehr zweckwidrig sein würde, aus diesen Höhen, die so wenig von einander verschieden sind, die Zeit des Mittags oder den Augenblick der grössten von allen diesen Höhen bestimmen zu wollen. Je weiter aber die Gestirne von dem Meridian entfernt sind, desto schneller ist die Höhenänderung, und am schnellsten ist sie dann, wenn das Gestirn in der Nähe desjenigen Vertikalkreises steht, dessen Winkel mit dem Meridian ein rechter ist, welchen durch Ost- und Westpunkt gehenden Kreis man den Ersten Vertikalkreis zu nennen pflegt. In dieser Gegend also wird man die Höhe der Gestirne mit dem Quadranten am vortheilhaftesten beobachten, wenn man aus der Höhe nach der im §. 5 erklärten Weise die Zeit finden will.

Allein diese Zeit wird nicht die des Mittags sein, welche letzte wir hier doch eigentlich suchen. Diess würde nun zwar nicht als ein Hinderniss für unsere Methode angesehen werden können, da es, wie man ohne Schwierigkeit bemerken wird, gleichviel ist, ob man den Stand der Uhr für zwei Mittage oder auch für zwei andere Augenblicke kennt, wenn nur diese letzten den Augenblick der eigentlichen Beobachtung, der Finsterniss z. B. einschliessen, oder doch nicht weiter von ihm entfernt sind, als man sich auf den regelmässigen Gang der Uhr verlassen kann. Allein die Berechnung des Dreiecks ZNS', um daraus, nach §. 5, den Stundenwinkel ZNS' des Gestirns zu finden, wird, wenn sie oft wiederholt werden soll, beschwerlich und zeitraubend sein, und was noch viel wichtiger ist, die beobachtete Höhe muss völlig genau bekannt sein, weil sonst der Stundenwinkel und sonach die ganze Zeitbestimmung selbst fehlerhaft sein würde. Um eine genaue Höhe zu erhalten, muss man auch ein sehr genau gearbeitetes, ein sehr vollkommenes Instrument haben, und solche sind nicht Jedermanns Sache, da sie nur mit grossen Kosten angeschafft werden können. Dazu kommt noch, dass man nicht nur die Polhöhe HN oder $90^0 - ZN$ des Beobachtungsortes und die Poldistanz NS' des Gestirns, sondern auch noch die Refraktion (*I.* §. 182) genau kennen muss, um durch die Auflösung jenes Dreiecks den Winkel ZNS' mit aller Schärfe zu bestimmen, und solche Forderungen sind nicht immer so leicht zu erfüllen, als man wohl auf den ersten Blick glauben sollte.

Von allen diesen Hindernissen und Schwierigkeiten können wir uns völlig befreien, wenn wir bedenken, dass alle Sterne zu beiden Seiten des Meridians dieselbe Höhe über dem Horizonte in denjenigen beiden Augenblicken haben, wo sie denselben Abstand vom Meridian, d. h. wo sie, zu beiden Seiten des Meridians, auch gleiche Stundenwinkel haben. Die Sonne steht drei Stunden vor dem Mittag, d. h. um 9 Uhr wahre Zeit Morgens genau eben so hoch, als sie um 3 Uhr wahre Zeit Abends steht, und so für jede andere zwei, gleiche Stundenwinkel, wenn anders ihre Declination in dieser Zwischenzeit unveränderlich angenommen werden kann. Bei den Fixsternen ist diess in der That der Fall; bei der Sonne, dem Monde und den Planeten jedoch ist diese Declination allerdings veränderlich, aber diese Veränderung ist im Allgemeinen sehr klein, und es ist leicht, auf sie durch Rechnung Rücksicht zu nehmen, wobei wir uns aber hier nicht weiter aufhalten wollen.

Wenn man also die Sonne an einem Tage zweimal, vor und nach dem Mittage, in der Nähe des ersten Vertikalkreises so beobachtet, dass sie in beiden Augenblicken dieselbe, übrigens willkürliche Höhe hat, so weiss man, dass zu diesen beiden Augenblicken auch dieselben Stundenwinkel der Sonne gehören, oder mit andern Worten, dass der Augenblick der ersten Beobachtung eben so weit vor dem wahren Mittage, als der der zweiten nach dem Mittage statt hat, dass also auch der gesuchte wahre Mittag genau in die Mitte zwischen jene zwei Augenblicke fallen muss.

Man sieht, dass man zu diesen Bestimmungen des Mittags weder die Polhöhe des Beobachtungsortes, noch die Declination des Gestirns, noch auch die absoluten Höhen selbst, und die dazu gehörende Refraktion zu kennen braucht, und dass man bloss von der Gleichheit der beiden Höhen und von dem gleichförmigen Gange der Uhr versichert sein muss, dass also auch zu diesen Beobachtungen der korrespondirenden Höhen, wie man sie zu nennen pflegt, weder eine eigentliche Rechnung, noch auch ein vorzügliches Instrument erfordert wird. In der That, die Eintheilung des Instrumentes, das man zu diesen Beobachtungen wählt, mag so fehlerhaft sein, als sie will, so werden doch dadurch die Beobachtungen nicht schlechter, da man vor und nach Mittag immer nur mit demselben Theilstriche zu thun hat, und da es gleich viel ist, in welchen Höhen man die Sonne beobachtet hat, wenn diese Höhen nur immer dieselben sind. Ganz eben so verhält es sich auch mit beinahe allen übrigen Fehlern dieser Instrumente, die für denselben Punkt des eingetheilten Randes ebenfalls dieselben bleiben, und daher auf das gesuchte Resultat, auf die Zeit des Mittags, keinen Einfluss haben. Um aber nicht diese Instrumentfehler, die hier ganz unschädlich sind, sondern um die sogenannten Beobachtungsfehler zu vermeiden, welche letzteren von der Unsicherheit unserer Sinne kommen, wird man zu beiden Seiten des Meridians nicht bloss eine, sondern mehrere Höhen der Sonne beobachten, und dann aus den Mittagen, die man aus jedem korrespondirenden Höhenpaare erhält, das sogenannte arithmetische Mittel nehmen, welches letzte offenbar, als das Resultat aller beobachteten Höhen, viel verlässlicher sein wird, als dasjenige sein kann, das bloss aus einem einzigen Paare derselben abgeleitet worden ist.

Um diess durch ein Beispiel deutlich zu machen, nehmen wir an, man habe folgende korrespondirende Sonnenhöhen zu den beigesetzten Uhrzeiten beobachtet:

Uhrzeit.

Höhe		Vormittag	Nachmittag
$43^0\ 15'$	.	$9^h\ 14^m\ 52^s.0$	. $2^h\ 49^m\ 40^s.2$
43 20	.	9 20 43.3	. 2 43 50.1
43 25	.	9 26 54.8	. 2 37 37.6
43 30	.	9 33 19.3	. 2 31 13.5

wo man bei den nachmittägigen Zeiten eigentlich 14^h statt 2^h hätte schreiben sollen, um die Angaben der Uhr ununterbrochen fortzuzählen. Die Summe der beiden Zeiten der ersten Höhe $43^0\ 15'$ gibt $24^h\ 4^m\ 32^s.2$, und davon ist die Hälfte $12^h\ 2^m\ 16^s.1$ die gesuchte Uhrzeit des Mittags aus dieser ersten Höhe. So erhält man

Uhrzeit des Mittags.

Höhe *I.*	.	12^h	2^m	$16^s.1$
II.	.	12	2	16.7
III.	.	12	2	16.2
IV.	.	12	2	16.4

Addirt man diese vier Zeiten und dividirt sie durch 4, so hat man für das arithmetische Mittel derselben, d. h. für die aus allen Beobachtungen gesuchte Uhrzeit.

$$12^h\ 2^m\ 16^s.35$$

oder die Uhr ging an diesem Tage im Augenblicke des wahren Mittags gegen die wahre Sonnenzeit voraus um $2^m\ 16^s.3$.

Auf diese Weise kann man also jeden Mittag die Uhr mit der Sonne, d. h. mit der wahren Zeit vergleichen, und daraus, wie wir oben (§. 6) sagten, diese wahre Zeit auch für jede andere zwischen diesen Mittagen liegende Zeit durch eine einfache Rechnung bestimmen, worauf wir später (§. 22, 55) zurückkommen werden.

Wollte man aber die Zeit nicht, wie es die älteren Astronomen zu thun pflegten, in wahrer, sondern in mittlerer Sonnenzeit angeben, so braucht man nur für den wahren Mittag jedes Tages die sogenannte Zeitgleichung (*I.* §. 156), d. h. den Unterschied zwischen der wahren und mittleren Zeit zu kennen. Man findet übrigens diese Zeitgleichung für jeden Tag des Jahres genauer in den astronomischen Ephemeriden berechnet. Gesetzt, diese Zeitgleichung wäre für den Tag unserer vorhergehenden korrespondirenden Höhen 8 Minuten 32.7 Sekunden, so heisst diess, dass eine richtig gehende mittlere Uhr in dem Augenblicke des wahren Mittags jenes Tages $12^h\ 8^m\ 32^s.7$ zeigen soll. Allein unsere Uhr zeigte $12^h\ 2^m\ 16^s.3$, also ging sie, im wahren Mittage jenes Tages, oder in dem Augenblicke, wo es in der That $12^h\ 8^m\ 32^s.7$ mittlerer Zeit war, gegen mittlere Zeit zu spät um $6^m\ 16.4^s$.

Wäre endlich, was man ebenfalls in den Ephemeriden findet, für den Augenblick des wahren Mittags dieses Tages die Sternzeit (*I.* §. 157) gleich $5^h\ 14^m\ 25^s.6$ angegeben, so würde, da unsere Uhr in diesem Augenblicke $12^h\ 2^m\ 16^s.3$ zeigte, dieselbe gegen Sternzeit um $6^h\ 47^m\ 50^s.7$ zu früh gehen u. s. f.

Welche von diesen drei Zeiten man also wählt, immer wird man, durch Hülfe der korrespondirenden Höhen, die Abweichung der Uhr von jeder dieser drei Zeiten für den wahren Mittag eines jeden Tages, an welchem man eine Beobachtung angestellt hat, angeben können, und und daraus den Stand und Gang der Uhr durch eine sehr leichte und einfache Rechnung ableiten, d. h. für jede andere Beobachtung die richtige, wahre oder mittlere Sonnenzeit, oder endlich auch die Sternzeit angeben können.

Hat man nun seine Uhr so eingerichtet, dass sie nahe nach Sonnenzeit geht, d. h. dass sie von einem Mittage zum andern nahe 24 volle Stunden gibt, so wird man zur Regulirung derselben durch korrespondirende Höhen offenbar am bequemsten die Sonne gebrauchen. Allein es wurde bereits früher (*I.* §. 158) bemerkt, dass eine nach Sternzeit gehende Uhr zum astronomischen Gebrauche viel bequemer ist. Eine Sternuhr aber ist diejenige, welche zwischen zwei nächsten Kulminationen eines Fixsterns nahe 24 volle Stunden, die also auch, da die

Sonne sich im Mittel täglich um $0^h\ 3^m\ 56^s.555$ gegen Ost dreht, zwischen zwei nächsten Kulminationen der mittleren Sonne $24^h\ 3^m\ 56^s.555$ zurücklegt. Es wurde bereits gesagt (*I.* §. 158), wie man jede mittlere Uhr, durch eine blosse Verkürzung ihres Pendels, auf eine solche Sternuhr bringen kann. Wenn man also, wie es am angemessensten ist, sich einer solchen Sternuhr bei allen seinen Beobachtungen bedient, so wird man auch, zur Regulirung dieser Uhr durch korrespondirende Höhen sich nicht der Sonne, sondern am bequemsten eines bekannten Fixsterns bedienen. Dann wird man nämlich die durch die Beobachtung der korrespondirenden Höhen dieses Sterns erhaltene Uhrzeit der Kulmination unmittelbar mit der bekannten Rectascension dieses Sterns vergleichen, um sofort den Fehler der Uhr gegen Sternzeit zu erhalten, weil die Rectascension eines jeden Gestirns auch zugleich die Sternzeit der Kulmination desselben ist. Wenn man z. B. von einem Fixstern, dessen Rectascension $5^h\ 30^m\ 24^s$ ist, durch korrespondirende Höhen die Uhrzeit der Kulmination an einer Sternuhr gleich $5^h\ 31^m\ 10^s$ gefunden hat, so ist dadurch auch sofort bekannt, dass die Uhr, in dem Augenblicke jener Kulmination, gegen Sternzeit um 46 Sekunden voraus war. — In diesem Falle wird also auch die Correction der Uhr gegen Sternzeit nicht leicht so hoch anwachsen können, wie in dem vorhergehenden Beispiele, wo wir sie gleich $6^h\ 47^m\ 50^s.7$ gefunden haben. In der Regel wird man nämlich seine Sternuhr durch allmähliche Verkürzung des Pendels, und wenn dieses einmal die gehörige Lage hat, durch die Stellung der Zeiger, so zu stellen suchen, dass ihre Abweichung von der Sternzeit nur sehr klein, und auch in mehreren Monaten selbst immer noch klein bleibt. Wenn aber auch der tägliche Fehler derselben noch so gering ist, wenn sie z. B. in jedem Sterntage nur eine einzige Sekunde gegen Sternzeit vorausgeht, so wird diess in zwei Monaten doch schon eine Minute, und in einem Jahre sechs Minuten betragen. Diess wird jedoch kein Grund sein, die Zeiger der Uhr öfter zu verstellen, um sie ihrem wahren Stande näher zu bringen, wie diess wohl viele mit ihren Taschenuhren zu thun pflegen, wenn sie die Mittagsglocke läuten hören. Durch solche gewaltsame Verstellungen der Zeiger mit der Hand wird der regelmässige Gang dieser feinen Maschinen nur gestört, und der Astronom wird diese und alle ähnlichen äusseren Störungen seiner Uhr sorgfältig vermeiden. Daher kommt es, wenn man selbst auf den besteingerichteten Sternwarten oft zu seiner Verwunderung hört, dass die Uhren derselben mehrere Minuten von der richtigen Zeit abweichen, während man doch glauben sollte, dass sie immer auf das genaueste mit dem Himmel übereinstimmen müssten. Der Astronom ist schon vollkommen zufrieden, wenn seine Uhr nur g l e i c h f ö r m i g geht, d. h. wenn sie täglich um dieselbe Grösse zurückbleibt oder voraus eilt. Er hält von diesem Gange seiner Uhr täglich scharfe Rechnung, und wird dadurch von dem Fehler derselben für jeden gegebenen Augenblick in genaue Kenntniss gesetzt. Eine Uhr aber, deren Fehler man genau kennt, gilt mit Recht für eben so gut als eine fehlerfreie, eine ganz vollkommene Uhr.

§. 8. **(Korrespondirende Höhen zur Bestimmung der Rectascension der Gestirne.)** Wir wollen daher fortan voraussetzen, dass der Astronom seiner Zeit in jedem Augenblick genau versichert ist, da wir die Mittel, diesen Zweck zu erreichen, kennen gelernt haben. Damit ist nun auch allerdings

eines seiner vorzüglichsten und dringendsten Geschäfte abgethan, da man, wie bereits oben gesagt wurde, bei jeder Beobachtung der ihren Ort am Himmel immer verändernden Gestirne auch zugleich die genaue Zeit dieser Beobachtung angeben muss.

Wir haben so eben gesehen, wie man durch die Beobachtung der korrespondirenden Höhen eines Sterns die Correction seiner Uhr finden kann, wenn man die Rectascension dieses Sterns kennt. Allein ganz ebenso und durch dasselbe einfache Verfahren wird man auch umgekehrt die Rectascension eines jeden Sterns finden, wenn man die Correction seiner Uhr schon kennt. Da nämlich die Rectascension eines jeden Sterns gleich der Sternzeit der Kulmination desselben ist, so wird man, durch korrespondirende Höhen, die Uhrzeit der Kulmination des Sterns suchen, und an dieser Uhrzeit die bereits bekannte Correction derselben gegen Sternzeit anbringen, um sofort auch die richtige Sternzeit der Kulmination, d. h. um die gesuchte Rectascension des Sterns zu erhalten.

Diess gibt also ein ebenso einfaches als sicheres Mittel, die Rectascensionen aller Gestirne mit der grössten Genauigkeit zu bestimmen. Auch haben es schon die Astronomen des 17ten Jahrhunderts fleissig angewendet, sobald sie einmal Uhren erhielten, auf deren gleichförmigen Gang sie sich verlassen durften. Denn diese Voraussetzung einer guten Uhr ist eigentlich die wesentlichste, um genaue Resultate zu erhalten, während im Gegentheile, wie wir gesehen haben, das Instrument, mit welchem man diese korrespondirenden Höhen beobachtet, ohne Nachtheil selbst ein sehr mittelmässiges sein kann. Auf der Pariser Sternwarte wurde dieses Verfahren schon im J. 1666 angewendet, wie man aus den Memoiren der französischen Akademie bei Gelegenheit der Finsterniss des 22. Julius jenes Jahres sehen kann, wo Huyghens, Roberval und Auzout ihre Zeit bereits durch korrespondirende Höhen bestimmten. Lacaille, einer der besten und fleissigsten Astronomen des achtzehnten Jahrhunderts, bestimmte noch im J. 1755 beinahe alle seine sehr zahlreichen Rectascensionen der Fixsterne und der Planeten auf dieselbe Weise.

§. 9. (Quadranten mit zwei Fernröhren.) Der einzige Nachtheil, den man dieser Methode der korrespondirenden Höhen zum Vorwurfe machen kann, ist, dass sie zeitraubend ist und von Zufällen sehr abhängt, die der Beobachter nicht in seiner Gewalt hat. Sie fordert, wenn man mehrere Höhen nehmen will, vor und nach dem Mittage wenigstens eine halbe Stunde, und wenn die Sonne Nachmittags, zur Zeit der Beobachtungen, von Wolken bedeckt ist, so geht die ganze Bestimmung verloren. Auch waren nach der Mitte des 17ten Jahrhunderts, wo man Uhren zu astronomischen Beobachtungen zu gebrauchen anfing, diese sinnreichen und schwer auszuführenden Maschinen noch lange nicht mit derjenigen Vollkommenheit gearbeitet, durch welche sie sich in unsern Tagen auszeichnen. Endlich gab diese Art der Beobachtung nur die Rectascension der Gestirne, aber nicht die Declination, also nur eine unvollständige Bestimmung des Ortes derselben am Himmel. Die Declination liess sich doch nur wieder durch Hülfe jener Quadranten finden, indem man mit ihnen die Höhe der Gestirne im Meridian mass, und davon die bereits bekannte Aequatorhöhe subtrahirte, und dazu gewährten jene Quadranten die gewünschte Sicherheit ebenfalls nicht.

Bei dieser Lage der Dinge entschlossen sich mehrere der besten Beobachter, die Uhren nur zur allgemeinen Zeitbestimmung ihrer übrigen Beobachtungen zu gebrauchen, nicht aber sie auch zugleich zur Angabe der Rectascensionen anzuwenden, wozu sie ihnen nicht genau genug schienen, da jeder Fehler in der beobachteten Zeit die Fehler in der so gesuchten Rectascension, im Bogen gezählt, schon fünfzehnmal grösser, also z. B. ein Fehler von einer Zeitminute die gesuchte Rectascension schon um 15 Bogenminuten, oder um den vierten Theil eines Grades unrichtig machte. Sie suchten daher die Orte der Planeten am Himmel, an deren Kenntniss dem Beobachter vor allen gelegen ist, durch andere Mittel zu erhalten, und sie wählten dazu vorzugsweise die Beobachtung der Distanzen dieser Planeten von zwei benachbarten, ihrer Lage nach bereits bekannten Fixsternen. Zu dieser Absicht mussten sie dem Quadranten, so wie er oben (*I.* §. 43) beschrieben wurde, eine etwas veränderte Einrichtung geben. Er musste nämlich zuerst mit zwei Fernröhren versehen werden, von welchen das eine, wie bisher, sich um den Mittelpunkt *C* (*I.* Fig. 9) bewegte, während das andere in der Lage *CA* mit dem Quadranten fest und unveränderlich verbunden wurde. Zweitens musste aber auch der ganze Quadrant *ABC* um den Punkt *C*, wo er an seine Säule oder an sein Fussgestell befestigt war, nach allen Richtungen beweglich gemacht werden. Diess könnte z. B. am einfachsten durch eine sogenannte Nuss geschehen, wie sie in Fig. 111 abgebildet ist. Auf dem oberen Theile der Säule *D*, welche den Quadranten trägt, ist ein metallener Cylinder befestiget, der an seinem obersten Ende eine halbe Kugelschale *C* trägt. In diese Schale passt eine Kugel *a*, an welche ein hohler Cylinder *ab* angegossen ist. In der Höhlung steckt ein anderer Cylinder, an dessen oberstem Ende *b* das Instrument *AB* oder hier der Quadrant befestiget wird. Die Druckschraube *m* hält den inneren Cylinder in seiner äusseren Hülle fest, und die Druckschraube *n* befestiget die Kugel in ihrer Kugelschale. Wenn man daher die beiden Druckschrauben *m* und *n* öffnet, so kann man dem Quadranten *AB* irgend eine willkürliche, auch geneigte Lage gegen den Horizont geben, und ihn dann, wenn man die beiden Schrauben anzieht, in dieser Lage befestigen.

Fig. 9.

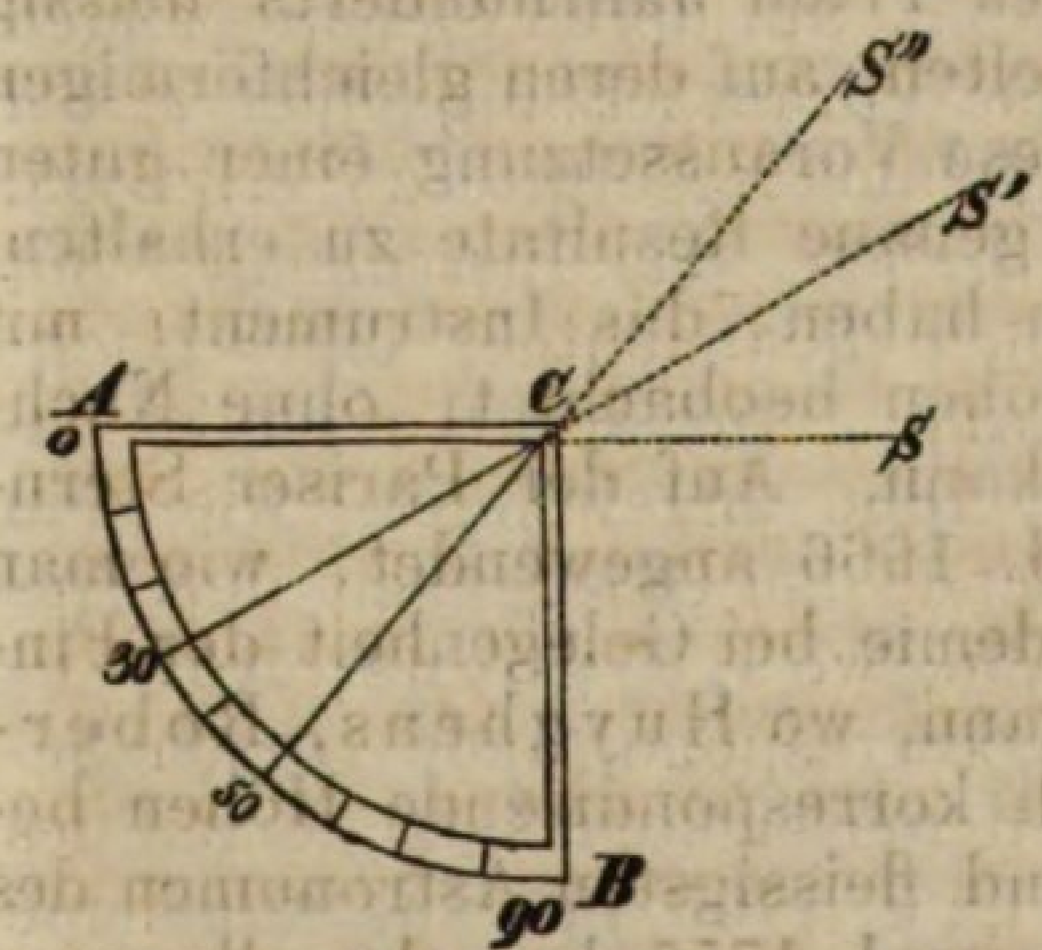
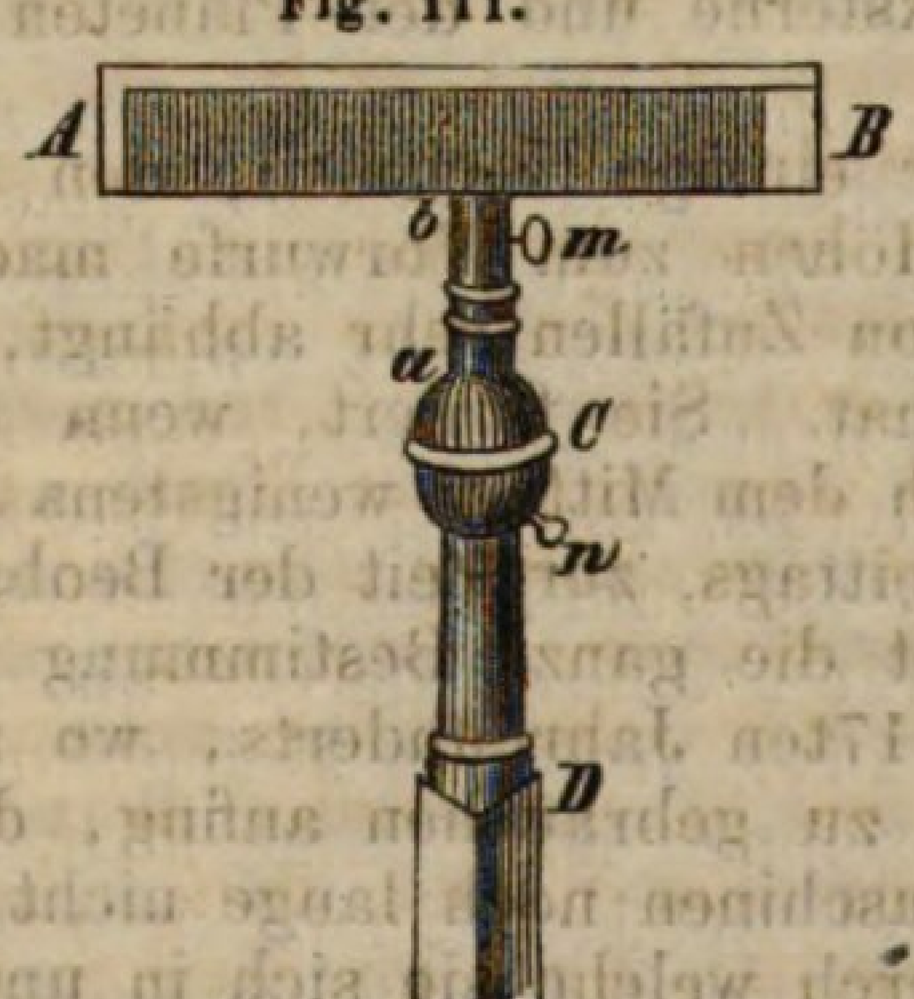


Fig. 111.



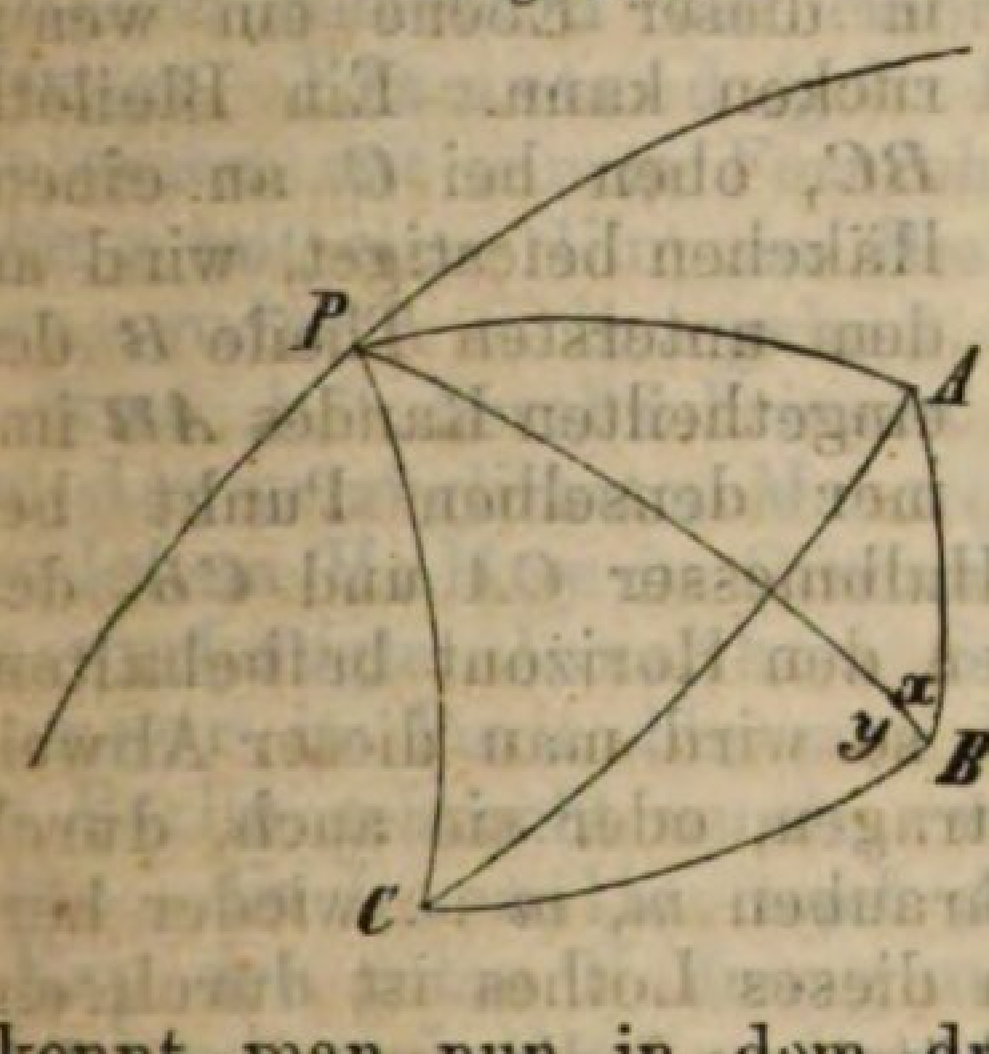
Wenn also mit einem solchen Instrumente die Distanz zweier Gestirne, z. B. die Distanz eines Planeten, dessen Ort man bestimmen will, von einem bereits bekannten Fixsterne beobachtet werden soll, so bringt man zuerst die Fläche des Quadranten in die Ebene, welche durch das

Auge des Beobachters und durch jene beiden Gestirne geht, und zwar so, dass das fixe Fernrohr des Instruments auf das eine dieser beiden Gestirne gerichtet ist. In dieser Lage wird der Quadrant mittelst jener Druckschrauben befestiget, und nun wird auch das andere Fernrohr längs der Ebene des Quadranten so lange bewegt, bis durch dasselbe das andere Gestirn erscheint. Man sieht, dass man auf diese Weise die Distanz der beiden Gestirne auf dem Quadranten ablesen kann, und dass man dieselbe am besten erhalten wird, wenn zwei Beobachter zu gleicher Zeit an dem Instrumente beschäftiget sind, von denen jeder durch eines der beiden Fernröhre sieht. Uebrigens kann man, da man im Allgemeinen die kleineren Distanzen vorziehen wird, den Bogen *AB* auch kleiner, als den vierten Theil eines Kreises nehmen, wodurch das Instrument bequemer wird. Ein solches Instrument wird ein astronomischer Sextant oder Octant genannt, je nachdem der Bogen des Kreises 60 oder 45 Grade hat.

Dieser Art, die Orte der Planeten am Himmel, z. B. ihre Länge und Breite zu finden, bedienten sich vorzüglich Tycho, Hevel und selbst noch Flamsteed.

Allein auch dieses Verfahren setzt ein sehr vollkommen gebautes und genau getheiltes Instrument voraus, und es ist überdies für den Gebrauch unbequem, da es zwei Beobachter und eine sehr umständliche Berechnung erfordert. Um dieses näher zu zeigen, seien (Fig. 112) *A* und *B* die beiden Sterne, deren Ort am Himmel man genau kennt, und durch deren Distanzen *AC* und *BC* von dem Planeten *C* man auch den Ort des letzten bestimmen will. Ist also z. B. *P* der Nordpol des Aequators, so kennt man die beiden Poldistanzen *AP* und *BP* der Sterne und den Winkel *ABP*, d. h. die Differenz ihrer Rectascensionen. Durch die Beobachtung sind überdiess die Distanzen *AC* und *BC* gegeben. Sonach kennt man in dem Dreiecke *APB* die zwei Seiten *AP*, *BP* und den von ihnen eingeschlossenen Winkel *APB*, also wird man auch daraus durch Rechnung (*I.* §. 49) die Seite *AB* und der Winkel x finden können. Dadurch sind in dem Dreiecke *ABC* alle drei Seiten gegeben, also wird man auch den Winkel *ABC*, das heisst den Winkel $y = ABC - x$ berechnen können. Auf diese Weise kennt man nun in dem dritten Dreiecke *PBC* die beiden Seiten *BP* und *BC* nebst dem eingeschlossenen Winkel y, also findet man auch daraus durch Rechnung die Seite *PC* und den Winkel *BPC*. Es ist aber *PC* die gesuchte Poldistanz des Planeten, und der Winkel *BPC* ist gleich der gesuchten Rectascension des Planeten, weniger der bereits bekannten Rectascension des zweiten Sterns *B*.

Fig. 112.



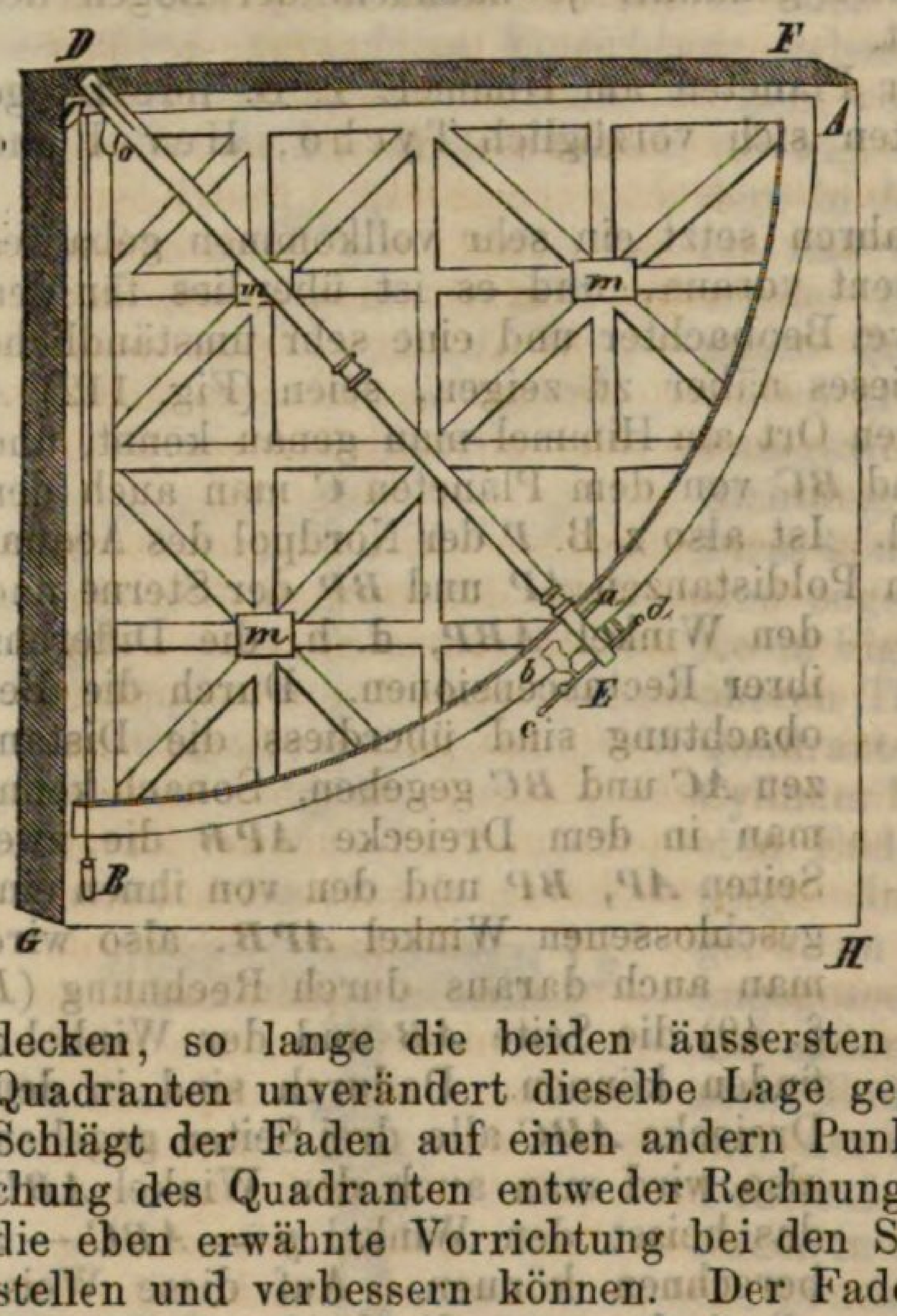
§. 10. (Mauerquadrant.) Da diese Rechnungen, wenn sie oft wiederholt werden, sehr zeitraubend sind, so dachte man bald auf andere Mittel, dieselbe Absicht zu erreichen.

Zuerst suchte man dem Quadranten, auf den man doch immer wieder zurückzukommen gleichsam gezwungen war, mehr Vollkommen-

heit zu geben. Man sah ein, dass man die Theilung desselben, bei einem kleineren Instrumente besonders, nicht mit Genauigkeit auftragen kann, und dass sehr grosse Instrumente weder leicht noch sicher in alle jene so verschiedenen Lagen gebracht und darin erhalten werden können. Man kam daher auf die Idee, viel grössere Quadranten in der Ebene des Meridians selbst fest und unveränderlich aufzustellen, und daran die Gestirne zur Zeit ihrer Kulmination zu beobachten. So entstand der Mauerquadrant, der noch in den letzten Decennien des verflossenen Jahrhunderts zu den vorzüglichsten und gebräuchlichsten Instrumenten der Astronomie gehörte.

Der Mauerquadrant *ABC* (Fig. 113) besteht aus mehreren starken und unter einander fest verbundenen Stangen und einem Kreisbogen *AB* von Metall. Dort, wo diese Stangen an einander gefügt sind, in den Punkten *m*, *m*, *m*, ist das ganze Instrument durch starke Schrauben an eine in der Ebene des Meridians errichtete Mauer befestiget. Man wird sich bei diesen Schrauben leicht eine Vorrichtung denken können, durch welche man das ganze Instrument in seiner Lage etwas ändern, und dadurch ganz genau in die Ebene des Meridians bringen und auch in dieser Ebene ein wenig rücken kann. Ein Bleiloth *BC*, oben bei *C* an einem Häkchen befestiget, wird an dem untersten Theile *B* des eingetheilten Randes *AB* immer denselben Punkt bedecken, so lange die beiden äussersten Halbmesser *CA* und *CB* des Quadranten unverändert dieselbe Lage gegen den Horizont beibehalten. Schlägt der Faden auf einen andern Punkt, so wird man dieser Abweichung des Quadranten entweder Rechnung tragen, oder sie auch, durch die eben erwähnte Vorrichtung bei den Schrauben *m*, *m* . . wieder herstellen und verbessern können. Der Faden dieses Lothes ist durch ein ihn umgebendes Gehäuse vor Luftzug geschützt, und die zu grosse Beweglichkeit des Gewichts bei *B* wird dadurch gehindert, dass man es in einem mit Wasser gefüllten Gefässe schweben lässt. Das Fernrohr *DE* bewegt sich um den Mittelpunkt *O* des Quadranten mit der Fläche desselben parallel. Bei der Ocularseite *E* ist es mittelst einer Schraube *cd* und einer doppelten Metallplatte *b* mit dem Rande des Instruments in Verbindung gesetzt. Diese Platte umfasst, in der Gestalt einer Gabel, den Kreisbogen, und die beiden Theile derselben können durch eine eigene Schraube einander genähert werden, wodurch dann das Fernrohr fest mit dem Kreisbogen *AB* verbunden wird. Wenn aber diese beiden Theile der Platte von einander entfernt werden, so lässt sich das Fern-

Fig. 113.



rohr frei um den Mittelpunkt *O* drehen, und auf einen willkürlichen Punkt des Quadranten stellen und daselbst mittelst der erwähnten Schraube bei *b* so befestigen, dass man kleine Verrückungen des Fernrohrs noch mittelst der Schraube *cd* hervorbringen, und dadurch das Fernrohr genau auf den zu beobachtenden Stern stellen kann. Auf der jener Platte *b* entgegengesetzten Seite ist dieses Fernrohr mit einem kleinen, eingetheilten Metallplättchen *a* oder mit dem Vernier verbunden, der zur genaueren Bestimmung der auf dem Kreise *AB* angebrachten Theilung dient, und von dem wir weiter unten sprechen werden.

Tycho ist der erste, der ein solches Instrument gebraucht hat, das er, als der Erfinder desselben, *Quadrans Tychonicus* nannte. Da er den Halbmesser sehr gross annahm, so konnte er den Rand mittelst Transversalen, wie wir weiter unten sehen werden, noch bis auf zehn Sekunden eintheilen. Allein diese so weit getriebene Theilung war demungeachtet sehr ungenau, und man sieht aus seinen Beobachtungen, dass die Fehler derselben im Durchschnitte auf eine Minute gehen. Seine nächsten Vorgänger, wie Walther, Regiomontan, Wilhelm IV. von Hessen u. a., die auf ihre Instrumente nicht geringe Mühe und Kosten verwendet hatten, mussten sich Fehler von zehn Minuten gefallen lassen, und den Arabern ging es, ihrer ungeheueren Instrumenten ungeachtet, nicht besser. Ptolemäus versichert in seinem Almagest, dass seine und Hipparch's Beobachtungen die Winkel bis auf vier Minuten Bogen genau geben; allein aus den Beobachtungen der alexandrinischen Griechen folgen noch viel grössere Fehler.

Wie dem auch sein mag, die grosse Vollkommenheit unserer astronomischen Instrumente datirt erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, und unter diesen wurden besonders die Mauerquadranten von den englischen Künstlern mit einer bisher ganz unbekannten Genauigkeit verfertigt. Flamsteed (geb. 1646, gest. 1719) hat das Verdienst, der erste einen mit einem Fernrohre versehenen Mauerquadranten in Verbindung mit einer Uhr zur Bestimmung von Sternörtern angewendet zu haben, wodurch es ihm gelang, den mittleren Fehler der Beobachtungen auf etwa 10″ herabzubringen. Im Jahre 1725 vollendete Graham einen der vorzüglichsten Mauerquadranten von acht Fuss im Halbmesser, an welchem Halley in Greenwich beobachtete. Unter Graham's Leitung verfertigte Jonathan Sisson einen anderen, mit welchem le Monnier in Paris bis zum Jahre 1751 beobachtete, und der dann nach Berlin gebracht wurde, wo Lalande an ihm die Beobachtungen machte, die Lacaille, nach der getroffenen Verabredung, gleichzeitig am Kap der guten Hoffnung anstellte. Der berühmte Mechaniker Bird in England verfertigte mehrere ausgezeichnete Instrumente dieser Art, einen von acht englischen Fuss im Halbmesser für Greenwich — an welchem von 1750 bis 1762 Bradley seine trefflichen, auf etwa eine Bogensekunde genauen Declinationsbestimmungen machte, während er die Rectascensionen mit gleicher Präcision durch ein Mittagsrohr fand — zwei für Oxford, eben so viele für Petersburg, Göttingen, Cadix, Mannheim und Paris, wie denn überhaupt dieses Instrument in der Regel paarweise an Sternwarten vorkam, da es seiner Natur nach nur entweder für den südlichen oder für den nördlichen Meridian dient. Der französische Finanzminister Bergeret liess im Jahr 1775 in England einen Mauerquadranten für die *École militaire* in Paris verfertigen,

an dem anfangs d'Agelet viel beobachtete, bis endlich Lalande, der Neffe des bekannten Astronomen (*Jérome le Français Lalande*) ihn benützte, um durch seine eifrigen und viele Jahre fortgesetzten Beobachtungen Positionen von nahe 50000 Sternen zu geben, die in der neuesten Zeit, unter F. Baily's Leitung von der *Brit. Assoc. for the Adv. of Science* katalogisirt, veröffentlicht wurden (*Catal. of Stars in the Hist. cél. française, London.* 1847). Kein anderes Instrument hatte bisher eine so reiche Ernte von nützlichen Beobachtungen geliefert. Ramsden, einer der ausgezeichnetsten Mechaniker, die je gelebt haben, verfertigte einen grossen Mauerquadranten für die Sternwarte in Padua, einen andern für Mailand, ebenso für Wilna, und endlich ein ähnliches Instrument für Blenheim in England, welches sich auf einer soliden vertikalen Axe im Horizonte drehen lässt, und überhaupt eines der vollkommensten Werkzeuge ist, die bis dahin aus der Hand eines Künstlers hervorgegangen waren.

§. 11. (Entdeckung der Fernröhre.) So vorzüglich aber auch diese Instrumente, im Vergleich mit den früheren sein mochten, so liessen sie doch für die erhöhten Forderungen der neueren Astronomie noch gar manches zu wünschen übrig. Ihr grosses Volum machte sie kostbar und zum Gebrauche unbequem, und es war überdiess äusserst schwer, wo nicht unmöglich, einen so grossen Kreisbogen in einer und derselben Ebene, ohne theilweise Biegungen und Krümmungen zu erhalten. Nicht minder schwierig war es, das Fernrohr in allen seinen Lagen der Ebene des Quadranten genau parallel zu machen, und die zwei letzten Ursachen machten das Instrument zur Beobachtung der absoluten Zeitbestimmung oder Rectascension in der Ebene des Meridians nicht in dem Masse geeignet, wie es die so weit vorgerückten Bedürfnisse der Wissenschaft zu erfordern schienen. Wegen der Unbeweglichkeit des Instruments waren die Rectificationen desselben beschwerlich und unsicher. Endlich waren die Instrumente, eben wegen ihrer Grösse, den Einwirkungen der Temperatur zu sehr ausgesetzt. Die höheren Theile des Observationszimmers sind gewöhnlich wärmer, als die näher an dem Fussboden liegenden, wodurch das Instrument oben mehr als unten, und überhaupt in seinen verschiedenen Theilen verschieden ausgedehnt wird, was auf die damit angestellten Beobachtungen einen um so nachtheiligeren Einfluss haben muss, je schwerer es ist, die Ausdehnung zu bemerken oder von ihren Wirkungen Rechnung zu tragen.

Die Schwierigkeiten, mit denen die neueren Astronomen zu kämpfen hatten, entsprangen vorzüglich aus der Entdeckung eines Werkzeuges, durch welches unser edelster Sinn wunderbar erhöht, und unsere Kenntniss der Erde und des Himmels auf eine Weise erweitert wurde, von welcher sich die Alten keine Vorstellung machen konnten.

Die Ausbildung und Vervollkommnung der Astronomie in ihrem ganzen Umfange hängt nämlich vorzüglich von drei Gegenständen ab. Erstens von dem Grade der Genauigkeit, mit welcher wir die himmlischen Körper sehen können. Was man nicht oder doch nicht deutlich sieht, kann man auch nicht, oder doch nicht genau beobachten. Mit freien Augen unterscheiden wir Winkel, die mehrere Minuten unter sich verschieden sind, nicht mehr, also wird auch ein Beobachter mit unbewaffnetem Auge für eine und selbst für mehrere Minuten nicht mehr gut stehen können. Diess war der Fall der alten Griechen und

Araber und überhaupt aller Astronomen, die mit den neueren Mitteln die Schärfe unseres Auges zu stärken unbekannt waren.

Als wir durch eine der glücklichsten Entdeckungen, die dem menschlichen Geiste je gelungen ist, dahin gekommen waren, Gegenstände am Himmel zu sehen, die uns wegen ihrer zu grossen Entfernung früher ganz unbemerkbar waren, so musste es unsere nächste Sorge sein, auch unsere Instrumente so einzurichten, so zu vervollkommnen, dass man damit die Grössen, die man nun sehen konnte, auch zu messen im Stande war. Wir sahen jetzt die Durchmesser der Planeten, ihre Winkelabstände von den Fixsternen, ihre Höhen über dem Horizonte oder über dem Aequator bis auf einzelne Sekunden genau, und daraus musste unmittelbar der Wunsch entstehen, diese Gegenstände auch eben so genau bis auf die einzelne Sekunde bestimmen zu können.

Nachdem endlich auch diese Forderung erfüllt war, nachdem durch die vereinigten Bemühungen der grössten Künstler des verflossenen Jahrhunderts unsere Messwerkzeuge eine Genauigkeit erhalten hatten, dass sie mit jener wunderbaren Verschärfung unseres Auges gleichen Gang hielten, d. h. nachdem unsere optischen sowohl, als auch unsere mechanischen Instrumente auf einen so hohen Grad der Vollkommenheit gebracht waren, blieb noch eine andere, dritte Gattung von Instrumenten, das Werkzeug des Geistes, wenn man so sagen darf, blieb noch die mathematische Analysis übrig, die nun ebenfalls aus dem Zustande der Kindheit, in welchem sie uns von unseren Vorgängern überliefert worden war, zu der Höhe gebracht werden musste, in welcher sie die beiden anderen grossen Hülfsmittel der Wissenschaft kräftig unterstützen, oder vielmehr, da sie unter allen bei weitem die wichtigste war, in welcher sie jene beiden leiten und führen konnte, so dass fortan theoretische und praktische Astronomie gleichsam Hand in Hand auf demselben Wege ihrer gemeinsamen Vollendung entgegen zu gehen vermochten.

Die Darstellung der allmählichen Ausbildung dieser drei Theile der Wissenschaft bildet die wahre Geschichte der Astronomie. Ein völliges Gleichmass unter diesen Theilen würde die Wissenschaft zu einer in sich selbst abgeschlossenen Ruhe, zu einer Art von Stagnation bringen, während im Gegentheile das Uebergewicht des einen derselben über die beiden andern Leben und Thätigkeit erzeugt, und den menschlichen Geist auffordert, das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, die Lücken und Mängel die in den zurückgebliebenen Theilen der Wissenschaft sichtbar werden, durch neue Anstrengungen zu ersetzen.

Eine solche Aufforderung an den Genius der Menschheit erging, im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts, durch die Erfindung des Fernrohrs, dem bald auch die des Mikroskops folgte, das jenem so nahe verwandt ist. Beide Instrumente erweiterten die Grenze unseres edelsten Sinnes, und dadurch unsere Kenntniss der Natur auf eine wunderbare Weise. Zwei neue, bisher ganz ungeahnte Welten schlossen sich vor uns auf, indem sie uns Gegenstände erkennen liessen, von welchen die einen wegen ihrer zu geringen Kleinheit und die andern wegen ihrer zu grossen Entfernung uns ohne jene Instrumente für immer verborgen geblieben wären.

Wenn es aber erlaubt ist, diese Entdeckung, durch welche der Mensch die ihm von der Natur gesetzten Schranken zu durchbrechen und sich über sich selbst zu erheben wusste, für ihn in einem hohen Grade ruhmvoll zu halten, so muss doch auch hinzugesetzt werden, dass er dieselbe keinesweges dem Scharfsinne oder dem angestrengten Nachdenken seines Geistes, sondern dass er sie nur einem Zufalle, einem blinden Ungefähr verdankt. Auch mochte es, welche hohe Idee von der geistigen Kraft des Menschen man sonst nähren mag, wohl für ihn unmöglich gewesen sein, auf dem blossen Wege der theoretischen Spekulationen zu Entdeckungen solcher Art zu gelangen*). Nach Borelli's Erzählung soll Zacharias Jansen, ein holländischer Künstler, schon im Jahre 1590 auf diese von ihm aber erst um das Jahr 1610 bekannt gemachte Entdeckung gekommen sein, indem seine Kinder unter den vielen vorräthigen Glaslinsen zufällig zwei derselben zusammen brachten, und dadurch die entfernten Gegenstände zu ihrer Verwunderung sehr vergrössert erblickten. Andere erzählen dieselbe Anekdote von Jakob Metius aus Alkmar, oder von Johann Lippersheim aus Middelburg in Holland, die Beide diese Entdeckung nahe um dieselbe Zeit (1610) gemacht haben sollen. Nach neueren Forschungen von Moll in Utrecht muss man wohl Lippersheim als den eigentlichen Erfinder des Fernrohres, das er 1608 den Generalstaaten antrug, ansehen. Metius scheint, dadurch angeregt aber ohne das Detail zu kennen, nahe gleichzeitig auf dieselbe Idee gekommen zu sein. Jansen muss als Erfinder des Mikroskopes gelten und gehört etwa von 1610 an nur auch unter die ersten Verfertiger des Fernrohres.

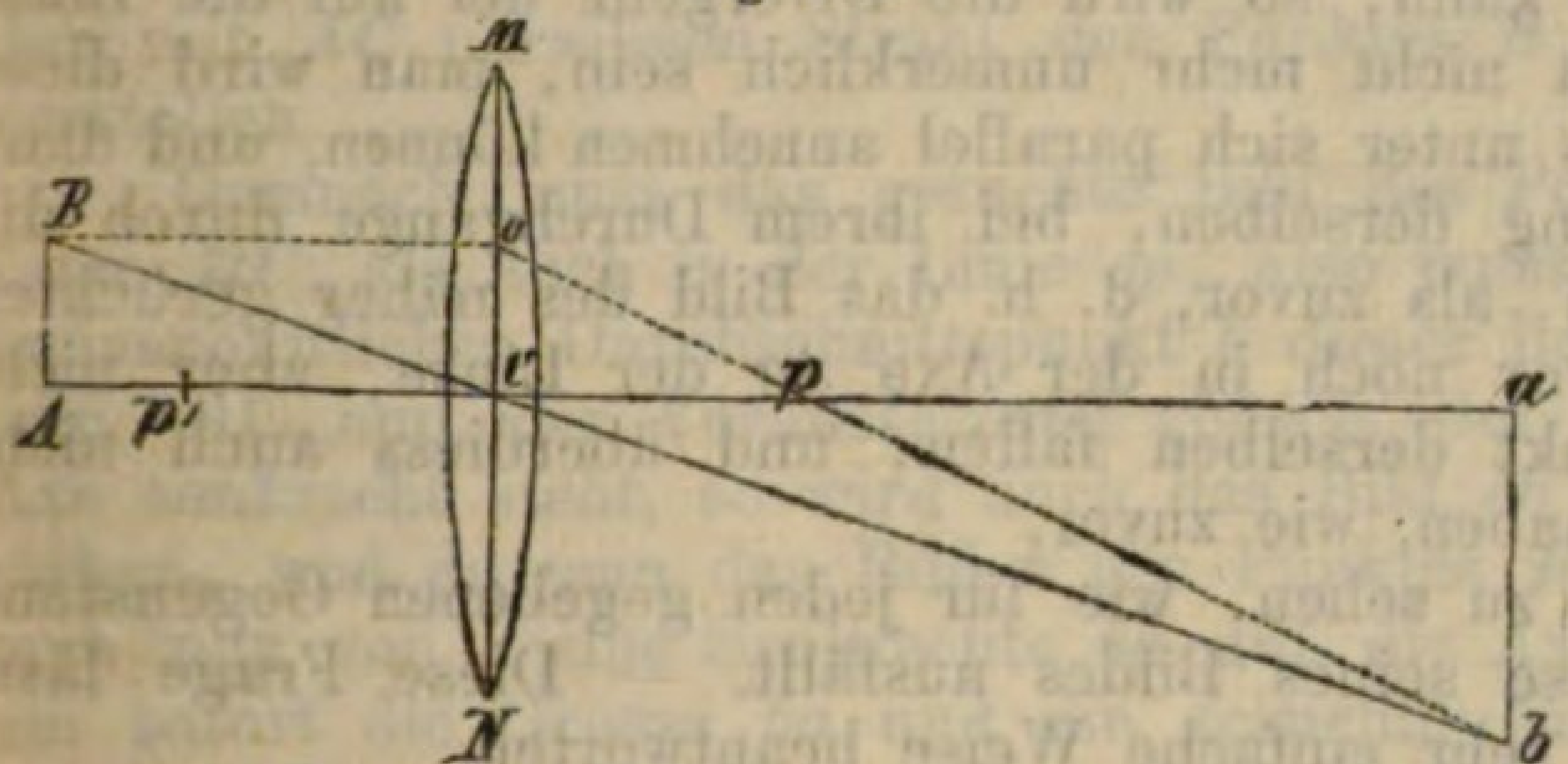
Ein Stück Kieselerde mit Pottasche vermischt, und das Spiel von Kindern oder doch irgend ein Zufall öffnete uns also zwei neue, unbekannte Welten! — Dieser Zufall lehrte uns mit dem mikroskopischen Auge der Milbe die Blüthentheile der Moose, das kunstreiche Gewebe und den Farbenschmelz der Schmetterlingsflügel und jene Geschöpfe erblicken, die, den Wassertropfen zu Tausenden bewohnend, heerdenweise durch das Oehr einer Nadel ziehen, während er uns zugleich mit den Augen eines höheren Wesens die fernsten Grenzen unseres Planetensystems betrachten, und selbst weit jenseits dieser Grenzen die zahllosen Wunder des Himmels erkennen liess, gegen welche alles, was uns hier unten gross und mächtig erschien, nur als ein bedeutungsloses Nichts verschwindet. Gewiss ein merkwürdiges Beispiel, das uns zugleich erheben und demüthigen, das uns aber auch auffordern muss, keine, auch nicht die geringste Erscheinung der Natur zu vernachlässigen, da sie, wenn auch anfangs unbedeutend scheinend, doch immer einen Ring mehr in der Kette unserer Kenntnisse bilden kann, und da-

*) Huyghens, der selbst zur Vollendung dieser Entdeckung sehr wesentlich beigetragen hat, erklärt sich darüber in seiner Dioptrik auf folgende Weise: »Wenn es je einen Menschen von solcher Geisteskraft gegeben hätte, dass er durch blosses Nachdenken und aus geometrischen Principien auf die Entdeckung des Fernrohrs gekommen wäre, so würde ich nicht anstehen, ihn für ein höheres, über alle Sterblichen weit erhabenes Wesen zu halten. Aber davon sind wir so weit entfernt, dass selbst noch lange nachher unsere grössten Gelehrten von dieser durch einen blossen Zufall gemachten Entdeckung die wahren Gründe nicht einmal gehörig angeben konnten.« In der That waren die ersten optischen Schriftsteller lange in Verlegenheit, die einfachsten Erscheinungen und Eigenschaften des Fernrohrs theoretisch richtig zu erklären.

her als ein Schatz von bisher unbekanntem Werthe zu dem grossen Vorrathe anderer Schätze, und zu demjenigen Erbe gelegt werden soll, welches wir unsern Nachkommen mit der Hoffnung überlassen können, dass Zeit und Glück einst einen späten Enkel begünstigen und die Kostbarkeit des hinterlegten Pfandes zu Tage fördern werden.

§. 12. (Brechung der Lichtstrahlen durch eine Linse.) Um die Einrichtung eines Fernrohrs näher kennen zu lernen, wird es angemessen sein, zuerst die Art zu untersuchen, auf welche die Lichtstrahlen von einer Glaslinse gebrochen werden. Wir betrachten hier nur sogenannte biconvexe Linsen *MN* (Fig. 114), die auf beiden Seiten erhaben geschliffen, und Stücke von zwei gleichen oder auch verschiedenen Kugeln sind, deren Mittelpunkte irgendwo in derselben geraden Linie *Aa* liegen, welche Linie auch die Axe der Linse heisst.

Fig. 114.



Eine solche Linse ist das gewöhnliche Brennglas, das Jedermann kennt und auch zu gebrauchen weiss. Wenn man nämlich die eine der beiden Flächen dieses Glases der Sonne aussetzt, so dass die Strahlen derselben nahe senkrecht auf diese Fläche fallen, so bemerkt man auf der anderen Seite der Linse, in einiger Entfernung von ihr, einen kleinen, runden, lichten Kreis, den man den Brennpunkt der Linse nennt, weil er in der That eine grosse Hitze äussert und oft Gegenstände, auf die er fällt, in Brand setzt. Dieser Brennpunkt liegt aber, wie man sich leicht überzeugen kann, immer in der Axe *Aa* der Linse, und ist in der That das Bild der Sonne, wie man deutlich sehen kann, wenn man dieselbe Linse vor die Oeffnung eines verfinsterten Zimmers stellt, und auf die nach innen gekehrte Seite derselben eine weisse Tafel bringt, wo sich dann von den entfernten äusseren Gegenständen, z. B. von den andern Häusern der Stadt, die Bilder auf der Tafel zeigen. Je weiter jene Häuser von der Linse entfernt sind, desto deutlicher erscheinen ihre Bilder, wenn die Tafel in der That eben so weit, wie oben bei der Sonne, von der Linse absteht, während die näher stehenden Häuser undeutlich, und endlich ganz unkenntlich werden. Wir müssen daher annehmen, dass die von den entfernten Gegenständen ausgehenden, und die ganze Vorderfläche der Linse bedeckenden Lichtstrahlen, bei dem Durchgange derselben durch die Linse gebrochen, und hinter der anderen Seite der Linse so vereiniget werden, dass alle diejenigen Strahlen, welche von einem bestimmten Punkte des Gegenstandes, z. B. von der Spitze eines Thurmes ausgingen, sich wieder in einem einzigen bestimmten Punkte sammeln, und eben dadurch das Bild dieser Thurmspitze bilden, und dasselbe wird auch von jedem andern Punkte des Thurmes gelten müssen, weil sonst das Bild desselben nicht so rein und deutlich sein könnte, wie es in der That erscheint.

Wenn also der äussere Gegenstand, ein entfernter Thurm oder die

noch viel mehr entfernte Sonne, sehr weit von der Linse absteht, so liegt das Bild derselben immer in dem Brennpunkte der Linse. In diesem Falle können aber alle Strahlen, welche von dem leuchtenden Gegenstande auf die Linse fallen, als unter einander parallel angesehen werden, obschon eigentlich jeder einzelne Punkt des leuchtenden Körpers immer nur divergirende Strahlen aussendet, so dass also für parallel auffallende Strahlen, der Ort des Bildes immer in dem Brennpunkte der Linse ist.

Wenn aber der Gegenstand näher an die Linse rückt, so dass gegen seine Entfernung, die Grösse der Linse nicht mehr als unbedeutend angesehen werden kann, so wird die Divergenz der auf die Linse fallenden Strahlen auch nicht mehr unmerklich sein, man wird diese Strahlen nicht mehr als unter sich parallel annehmen können, und dann wird auch die Brechung derselben, bei ihrem Durchgange durch die Linse, eine andere sein, als zuvor, d. h. das Bild des näher gerückten Gegenstandes wird, zwar noch in der Axe *Aa* der Linse, aber nicht mehr in den Brennpunkt derselben fallen, und überdiess auch nicht mehr dieselbe Grösse haben, wie zuvor.

Es ist interessant zu sehen, wie für jeden gegebenen Gegenstand der Ort und die Grösse seines Bildes ausfällt. — Diese Frage lässt sich aber auf folgende sehr einfache Weise beantworten.

Wir wollen zuerst die Dicke der Linse als unbedeutend übersehen, da sie in der That auf die Antwort, die wir suchen, nur einen sehr geringen Einfluss hat, und bloss bemerken, dass von den Strahlen, die von irgend einem Punkte eines nahen oder fernen Gegenstandes auf die Linse fallen, immer einer nicht gebrochen wird, nämlich derjenige, der durch den Mittelpunkt *C* der Linse geht, und daher der Hauptstrahl jenes Punktes heisst. Die Ursache, warum dieser Strahl von der Linse keine Brechung erleidet, sondern nach seinem Durchgange durch dieselbe seinen Weg in derselben Richtung fortsetzt, liegt offenbar in dem Umstande, dass die beiden Orte der Linse, wo der Hauptstrahl in sie tritt, und wo er sie wieder verlässt, einander parallel sind, wesshalb sie keine Abweichung des Strahls von seinem Wege hervorbringen können.

Es sei nun *ACa* die Axe und *C* der Mittelpunkt der Linse *MN*, und *AB* ein auf dieser Axe senkrecht stehender Gegenstand, dessen Grösse *AB* und Entfernung *AC* von der Linse gegeben sind, und dessen Bild man sucht.

Wenn die auf die Linse fallenden Strahlen alle unter sich und mit der Axe *Aa* parallel wären, so würden sie, vermöge des Vorhergehenden, nach ihrer Brechung sich alle in dem Brennpunkte der Linse vereinigen. Sei *p* dieser Brennpunkt, dessen Ort man, durch das oben erwähnte einfache Experiment mit der Sonne, leicht finden kann.

Was nun den untersten Punkt *A* des Gegenstandes *AB* betrifft, der in der Axe der Linse liegt, so wird sein Bild, auf der anderen Seite der Linse, ebenfalls irgendwo in der Axe liegen müssen, weil der Hauptstrahl *AC* desselben in der Axe liegt, also durch den Mittelpunkt der Linse geht und daher gar nicht gebrochen wird.

Zieht man auch durch den höchsten Punkt *B* des Gegenstandes und durch den Mittelpunkt *C* der Linse die gerade Linie *BC*, so wird diese Gerade den Hauptstrahl dieses obersten Punktes *B* vorstellen, und

da sich überhaupt von jedem Punkte des Objekts alle von ihm ausgehenden Strahlen wieder in einem einzigen Punkte vereinigen sollen, so wird dieser Vereinigungspunkt der von *B* ausgehenden Strahlen, oder so wird das Bild des höchsten Punktes *B* irgendwo in dem Hauptstrahl *BC* oder dessen Verlängerung liegen müssen. Um daher den Punkt in der Linie *BC* zu finden, in welchem das Bild des Punktes *B* liegt, wollen wir bemerken, dass unter den Strahlen, die dieser Punkt *B* divergirend aussendet, auch ein mit der Axe *AC* parallel liegender Strahl sein muss. Sei *Bo* dieser mit *AC* parallele Strahl. Da nun, nach dem Vorhergehenden, jeder mit der Axe parallel einfallende Strahl, nach seiner Brechung, durch den Brennpunkt *p* der Linse gehen muss, so wird *op* den mit *AC* parallelen Strahl des Punktes *B*, nach seiner Brechung vorstellen.

Demnach muss das gesuchte Bild des Punktes *B* sowohl in der Linie *BC*, als auch in der Linie *op*, also muss dieses Bild in dem gemeinschaftlichen Durchschnittspunkt *b* dieser beiden Linien *BC* und *op* sein. Da nun, der Voraussetzung gemäss, der Gegenstand *AB* auf der Axe senkrecht steht, so wird auch das Bild *ab* auf derselben senkrecht stehen, und da man das Bild *b* des Punktes *B* schon kennt, so darf man nur von *b* eine Senkrechte *ba* auf die Axe *AC* der Linse ziehen, um sofort die Grösse *ba* und die gesuchte Entfernung *Ca* des Bildes von der Linse zu erhalten.

Man wird also, um das Vorhergehende kurz auszudrücken, durch irgend einen Punkt *B* des Gegenstandes zwei Gerade ziehen, von welchen die eine *BC* durch den Mittelpunkt der Linse, und die andere *Bo* mit der Axe der Linse parallel ist. Führt man dann durch den Punkt *o* und durch den bekannten Brennpunkt *p* der Linse eine Gerade *op*, welche verlängert die vorige Gerade *BCb* in dem Punkte *b* schneidet, so ist *b* das gesuchte Bild des Punktes *B*.

Man muss sich nämlich, dem Vorhergehenden gemäss, vorstellen, dass alle von dem Punkt *A* auf die Linse fallenden und dieselbe gleichsam bedeckenden Strahlen, nach ihrer Brechung, sich sämmtlich in dem Punkte *a* vereinigen und da das Bild von *A* erzeugen. Und eben so werden auch alle von dem Punkte *B* des Gegenstandes auffallende Strahlen nach ihrer Brechung sich im dem Punkte *b* vereinigen, um hier das Bild des Punktes *B* zu machen, und dasselbe gilt auch von allen den übrigen zwischen *A* und *B* liegenden Punkten, deren Bilder alle zwischen *a* und *b* in der auf die Axe senkrechten Linie *ab* liegen werden. In der Zeichnung liessen sich alle Strahlen eines jeden Punktes nicht ausdrücken, da es ihrer in der That für jeden Punkt unzählige gibt, sondern man hat von ihnen nur diejenigen angeführt, deren Lage zur Auffindung des Bildes nothwendig sind.

Mit Hülfe dieser Zeichnung wird man also für jede gegebene Grösse und Entfernung des Gegenstandes die Grösse und Entfernung des Bildes in allen Fällen bestimmen*). Nimmt z. B. die Entfernung *AC* des

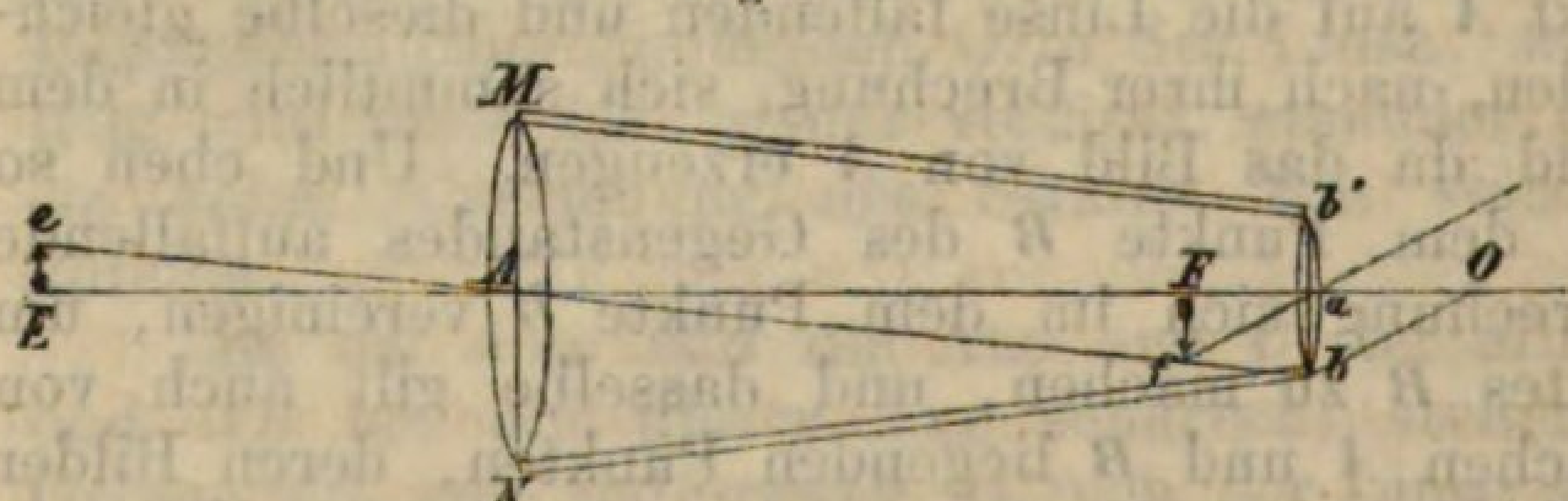
*) Noch genauer und allgemeiner lässt sich diess durch die einfachsten Vorschriften der Algebra thun. Nennt man AC = a die Entfernung und AB = b die Grösse des Gegenstandes, ferner Ca = α die Entfernung und ab = β die Grösse des Bildes und Cp = p die Brennweite der Linse, so hat man die beiden Gleichungen

Gegenstandes von der Linse zu, so nimmt die Grösse *ab* sowohl, als auch die Entfernung *aC* des Bildes ab, und *a* rückt dem Brennpunkte *p* näher. Wird die Entfernung *AC* des Gegenstandes, wie bei der Sonne, gegen die Linse unendlich gross, so fällt das Bild *a* in den Brennpunkt *p*, übereinstimmend mit dem Vorhergehenden, da jetzt die von dem Gegenstande auf die Linse fallenden Strahlen unter sich parallel sind. — Rückt umgekehrt der Gegenstand *A* näher an die Linse, so entfernt sich das Bild *a* von derselben und wird zugleich immer grösser, und zwar so lange, bis der Gegenstand in die Entfernung *Cp'* gleich *Cp* kommt, oder bis er in der Brennweite und das Bild in einer unendlichen Entfernung auf der andern Seite der Linse steht, weil jetzt die aus *p'* auf die Linse fallenden Strahlen, nach ihrer Brechung, unter sich parallel werden. Ein sehr weit entfernter Gegenstand hat demnach sein Bild im Brennpunkte der Linse, und ein im Brennpunkte stehender Gegenstand hat sein Bild in einer unendlichen Entfernung, oder von einem in dem Brennpunkte *p'* stehenden Gegenstand werden alle Strahlen durch die Linse in unter sich parallelen Lagen gebrochen. Uebrigens bemerkt man auch ohne unsere Erinnerung, dass in allen den erwähnten Fällen das Bild des Gegenstandes immer verkehrt ist, indem das Bild *b* des höchsten Punktes des Gegenstandes am tiefsten unter der Axe *ACa* der Linse liegt.

§. 13. (Einrichtung der Fernröhre.) Nach dieser Erläuterung der Wirkung einer einfachen Linse wird es leicht sein, die Einrichtung der Fernröhre zu übersehen. Die einfachsten dieser optischen Instrumente bestehen aus zwei Linsen, die an den beiden Enden einer Röhre so angebracht sind, dass ihre Axen sowohl, als auch ihre Brennpunkte zusammen fallen.

Sei *Ee* (Fig. 115) der Gegenstand in einer sehr grossen Entfernung von der grösseren Linse *MAN* oder von dem Objektive, und *bab'* die kleinere Linse oder das Ocular. Sei *EAa* die gemeinschaftliche Axe der beiden Linsen, und in dieser Axe endlich *F* ihr gemeinschaftlicher Brennpunkt.

Fig. 115.



Schon aus dieser Stellung der beiden Linsen folgt, dass die von einem sehr weit entfernten Gegenstande *Ee* mit der Axe parallel auf das Objektiv *MN* auffallenden Strahlen ihr Bild in dem Brennpunkte *F* dieses Objektivs haben werden. Da aber dieses Bild in *F* für die Ocularlinse *bb'* die Stelle des Gegenstandes vertritt, und da dieser Gegenstand *F* in dem Brennpunkte der Ocularlinse liegt, so werden (nach §. 12) die Lichtstrahlen nach der Brechung durch das Ocular *bb'* unter sich parallel in das Auge *O* des Beobachters treten, und diess ist die erste wichtige Eigenschaft des Fernrohrs,

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a} \text{ und } \beta = \frac{pb}{a-p}$$

und von diesen zwei Ausdrücken gibt der erste die Entfernung α, und der zweite die Grösse β des Bildes.

da ein wohlgebautes Auge die Gegenstände nur dann deutlich sieht, wenn die von jedem Punkte desselben ausgehenden Strahlen unter sich parallel werden. Allein dieses Instrument gewährt noch andere, grössere Vortheile, die wir sogleich näher kennen lernen werden.

Der in der Axe liegende Punkt *E* des hier als sehr entfernt angenommenen Gegenstandes wirft eine Anzahl mit der Axe *Aa* paralleler Strahlen auf das Objektiv *MN*, welche diese Linse gleichsam ganz bedecken, und welche sich, nach ihrer Brechung durch das Objektiv, in dem Brennpunkte desselben *F* vereinigen und daselbst das Bild jenes Punktes *E* entwerfen. Von *F* gehen dann diese Strahlen divergirend auf das Ocular *bb'*, aus welchem sie nach ihrer zweiten Brechung unter sich parallel austreten. Da der Hauptstrahl *EAFO* dieses Punktes *E* durch beide Linsen ungebrochen durchgeht, so ist *Ea* oder *aO* die Richtung aller dieser von *E* kommenden, nach der zweiten Brechung unter sich parallelen Strahlen.

Betrachten wir nun eben so auch den äussersten Punkt *e* des Gegenstandes *Ee*, oder den, der von der Axe am meisten entfernt ist. Dieser Punkt *e* schickt ebenfalls eine Anzahl unter sich paralleler, also auch, da *Ee* gegen die Entfernung *EA* sehr klein ist, mit der Axe *Aa* paralleler Strahlen auf das Objektiv, die ebenfalls das Objektiv gleichsam bedecken, und daher, nach ihrer Brechung durch das Objektiv, sich in irgend einem Punkte *f* vereinigen, welcher Punkt *f* daher das Bild des Punktes *e* sein wird. Da aber der Hauptstrahl des Punktes *e*, nämlich der Strahl *eA*, ungebrochen durch die Mitte *A* des Objektivs hindurchgeht, so findet man den Punkt *f*, wenn man in dem Brennpunkte *F* des Objektivs ein Loth auf die Axe *Aa* errichtet, wo dann der Durchschnittspunkt dieses Lothes *Ff* mit jenem Hauptstrahle *eAf* den gesuchten Ort *f* des Bildes von *e*, und überhaupt das Loth *Ff* das Bild des Gegenstandes *Ee* geben wird. Dieses Bild *Ff* wird aber, wie man aus §. 12 sieht, im Allgemeinen desto kleiner sein, je kleiner die Brennweite *AF* der ersten Linse *MN* gegen ihre Entfernung *AE* von dem Gegenstande ist. — Von diesem Vereinigungspunkte *f* aller von *e* kommenden Strahlen fallen dann diese Strahlen wieder divergirend auf das Ocular *bb'* und treten, da sie von dem Brennpunkte *f* oder, da das ganze Bild *Ff* sehr klein ist, sehr nahe von dem Brennpunkte *F* des Oculars kommen, nach ihrer Brechung durch dieses Ocular *bb'*, unter sich parallel aus dem Oculare. Um aber auch hier die gemeinschaftliche Richtung aller dieser parallelen Strahlen zu erfahren, ziehe man den Strahl *fa*, der, als Hauptstrahl des Punktes *f*, ungebrochen durch die Mitte *a* des Oculars gehen muss, und der daher die gesuchte Richtung aller von *f* kommenden, nach ihrer Brechung unter sich parallelen Strahlen anzeigt.

Führt man nun durch den äussersten Rand *b* des Oculars die gerade Linie *bO* parallel mit *fa*, so wird der Punkt *O* der Axe der Ort des Auges sein, in welchem dasselbe alle von dem Gegenstande *Ee* kommenden Strahlen übersehen kann, so wie zugleich der Winkel *aOb* = *Faf* derjenige Winkel sein wird, unter welchem das Auge des Beobachters in *O* durch das Fernrohr den Gegenstand *Ee* oder eigentlich das Bild *Ff* desselben sieht.

Ein unbewaffnetes, freies Auge in *O* aber würde den Gegenstand nur unter dem viel kleineren Winkel *EOe* oder, was hier, wegen der

gegen *AO* sehr grossen Entfernung *EA*, dasselbe ist, unter dem Winkel *EAe* = *FAf* sehen, und in diesem Unterschiede der beiden Sehwinkel *Faf* und *FAf* besteht der zweite und wesentlichste Vortheil dieser Instrumente, indem man durch sie alle Gegenstände unter viel grösseren Winkeln, also diese Gegenstände selbst viel grösser sieht als mit freien Augen.

Es ist leicht, den Grad dieser Vergrösserung genau anzugeben. Da nämlich die beiden bei *F* rechtwinkligen Dreiecke *FAf* und *Faf* die Seite *Ff* gemeinschaftlich haben, so verhalten sich in ihnen die Winkel bei *a* und *A*, wie die Seiten *FA* und *fa*, oder man hat, wenn man durch *m* die Vergrösserung des Fernrohrs anzeigt,

$$m = \frac{AF}{aF}$$

das heisst, das Fernrohr vergrössert die Gegenstände so vielmal, als die Brennweite *aF* des Oculars in der Brennweite *AF* des Objektivs enthalten ist. Um daher recht stark vergrössernde Fernröhre zu erhalten, wird man ein Objektiv von grosser Brennweite wählen und es mit einem Oculare von verhältnissmässig kleiner Brennweite verbinden. Ist z. B. die Brennweite des Objektivs 10 Fuss oder 120 Zolle, und die des Oculars nur $^1/_{10}$ Zoll, so wird die Vergrösserung eines solchen Fernrohrs 1200 sein, oder man wird damit alle Gegenstände unter einem 1200mal grösseren Winkel sehen, als mit freien Augen. Um bedeutende Vergrösserungen zu erhalten, muss also entweder die Brennweite des Objektives sehr gross, oder die des Oculars sehr klein sein; die Alten waren gezwungen, den ersten Weg zu betreten, und kamen so endlich zu Fernröhren von 200 und mehr Fuss Länge.

§. 14. (Allmähliche Verbesserung der Fernröhre.) Das soeben beschriebene Fernrohr ist das einfachste seiner Art. Es zeigt, wie man schon aus der Zeichnung sieht, die Gegenstände, die man dadurch betrachtet, in einer verkehrten Lage, so dass die oberen Theile derselben unten, und die rechts stehenden links erscheinen. Diesen Uebelstand hat man aber für astronomische Beobachtungen mit Recht als geringfügig betrachtet, da diese Umkehrung für Gegenstände des Himmels völlig gleichgültig ist.

Die verkehrte Lage des Bildes lässt sich übrigens beseitigen, wenn man nicht, wie bisher vorausgesetzt wurde, beide Linsen biconvex, oder auf beiden Seiten erhaben, sondern wenn man die Ocularlinse auf einer oder auch auf beiden Seiten hohl schleift. Auf diese Weise sind unsere Theaterperspektive eingerichtet, und diese sind es, die von den oben erwähnten holländischen Künstlern und von Galilei zuerst erfunden wurden, daher man sie auch holländische Fernröhre oder Galileische zu nennen pflegt, während das in §. 13 beschriebene, mit zwei biconvexen Linsen, das astronomische oder nach seinem Erfinder das Kepler'sche Fernrohr heisst.

Ein grösserer Nachtheil dieser astronomischen Fernröhre bestand darin, dass man damit nur einen sehr kleinen Theil des Himmels mit einem Blicke übersehen konnte, einen um so kleineren, je stärker die Vergrösserung des Instruments ist. Allein diesen Nachtheilen half man bald dadurch ab, dass man das Ocular verdoppelte, oder dass man dem in §. 13 beschriebenen Ocular *bb'* in einer geringen Entfernung von dem-

selben noch eine convexe Linse hinzufügte, wodurch das Feld des Fernrohrs sehr vergrössert wird.

Nicht so leicht war es, einem anderen, für den Gebrauch dieser Instrumente sehr wichtigen Fehler derselben zu begegnen. Es ist nämlich nicht ganz richtig, dass die von einem Punkte des Gegenstandes auf das Objektiv fallenden Strahlen, durch die Brechung dieses Objektives, wieder genau in einem einzigen Punkt vereinigt werden, wenn anders diese Objektivlinse, wie wir oben vorausgesetzt haben, von zwei Kugelflächen begrenzt wird. Zwar lässt sich durch Rechnung die Gestalt finden, welche die Oberflächen dieser Linsen haben sollten, um alle parallel auf sie fallenden Strahlen wieder in einen einzigen Punkt zu vereinigen. Aber unsere Künstler haben keine Mittel, jene Flächen mit der hier nöthigen Genauigkeit zu erzeugen, und sie sind gezwungen, bei der Kugelfläche zu bleiben, die sie allein mit Schärfe darzustellen im Stande sind. Da nun bei solchen kugelförmigen Linsen die von einem Punkte des Gegenstandes kommenden Strahlen, wenn sie nahe bei dem Mittelpunkte der Linse einfallen, einen andern Vereinigungspunkt haben, als wenn sie näher bei dem Rande die Linse treffen, so entstehen eigentlich für jeden Gegenstand mehrere nahe an und über einander liegende Bilder, von welchen das Auge keines deutlich sehen kann. Dieser Fehler, den man die sphärische Abweichung nennt, war desto grösser, je stärker die Vergrösserung, und je grösser das Objektiv des Fernrohrs war. Aus dieser Ursache findet man die Objektive vieler älterer Fernröhre mit einem ihren Rand bedeckenden Ringe versehen, um das Objektiv dadurch gleichsam kleiner, und jenen Fehler unschädlicher zu machen. Allein diesen Vortheil, wenn er so genannt werden kann, erlangte man nur auf Kosten eines anderen noch wichtigeren. Es ist nämlich für sich klar, dass man die Gegenstände durch ein Fernrohr desto heller sehen wird, je mehr Licht von dem Gegenstande auf das Objektiv fällt, d. h. je grösser das Objektiv ist. Eine Verkleinerung dieses Objektivs wird also das Bild desselben dunkel und lichtschwach machen, und dieser Fehler wird desto fühlbarer werden, je stärker die Vergrösserung des Fernrohrs ist.

Dazu kam noch ein anderes Hinderniss, das anfangs ganz unübersteiglich schien. Wir wissen, dass jeder einzelne an sich weisse Lichtstrahl aus vielen anderen besteht, die sich durch eigene Farben unter einander kenntlich machen (*II.* §. 9). Diese einzelnen farbigen Strahlen haben aber die für die Verfertigung der Fernröhre sehr nachtheilige Eigenschaft, dass jeder derselben durch die Linse des Objektivs auf eine andere Weise gebrochen wird, so dass nun, statt einem einzigen deutlichen und weissen Bilde des Gegenstandes, eine Anzahl verschieden farbiger Bilder desselben entsteht, die dem Deutlichsehen noch hinderlicher sind, als die soeben erwähnten, von der Kugelgestalt der Gläser rührenden Einflüsse. Diesen Fehler der Fernröhre nennt man die Farbenabweichung, und er schien so wesentlich mit der Natur der Sache zusammenzuhängen, dass selbst Newton an aller Hülfe verzweifelte, und von den Fernröhren dieser Art ganz abgehend, seine Zuflucht zu andern nahm, wo diese Glasobjektive durch Metallspiegel ersetzt wurden. Seitdem hat man diese Spiegeltelescope oder Reflektoren, die gegen jene Refraktoren auch noch den Vorzug hatten, dass sie viel kürzer waren, zu einer sehr grossen Vollkommenheit gebracht, während

die so sehnlich gewünschte Verbesserung der Refraktoren durch jene Ansicht des grossen Mannes, zu der er durch einen sonderbaren Fehlschluss verleitet worden war, lange Zeit aufgehalten wurde.

Leonhard Euler war der erste, der aus der Beschaffenheit des menschlichen Auges den Schluss zog, es müsse möglich sein, jene beiden Fehler der Fernröhre durch eine zweckmässigere Einrichtung dieser Instrumente aufzuheben, weil sie die Natur in unserem Auge in der That aufgehoben hat. Er schlug zu diesem Zwecke, nach der Analogie der inneren Einrichtung des Auges, zwei Glaslinsen vor, welche zwischen ihren inneren concaven Flächen verschiedene Flüssigkeiten enthalten sollten. Er stellte darüber nicht sowohl praktische Versuche, die hier vorzüglich erfordert wurden, als vielmehr theoretische Untersuchungen an. Im Jahre 1747 theilte er seine Berechnung eines solchen farblosen oder achromatischen Fernrohrs mit, dessen Linsen er sich mit Wasser gefüllt dachte. Der grösste Optiker seiner Zeit, John Dollond, suchte auch diesen Versuch praktisch anzuführen, aber da ihm seine ersten Bemühungen misslangen, so gab er die Sache bald auf, um so mehr, da er Newton's Ansicht, dass fehlerfreie Refraktoren ganz unmöglich wären, auch zu der seinigen gemacht hatte.

Erst im Jahr 1754 zeigte Klingenstierna, ein ausgezeichneter schwedischer Geometer, dass Newton sich in seinem Schlusse geirrt habe, und dadurch aufgemuntert, nahm Dollond seine früheren Versuche wieder vor. Allein statt der Flüssigkeiten, die Euler vorgeschlagen hatte, wählte er zwei verschiedene Glasarten, die in England unter dem Namen des Crown- (Kron-) und Flint- (Blei-)glases bekannt sind. Mehr durch eine Art dunklen Gefühls als durch mathematische Schlüsse, deren Hülfe er nicht zu Rathe ziehen konnte, fand er endlich, dass sich der Zweck, ein fehlerfreies Objektiv zu erhalten, dadurch erreichen lasse, dass man dasselbe aus zwei nahe an einander gestellten Linsen, einer biconvexen von Kronglas und einer concaven von Flintglas zusammensetzte. So gelang es ihm nach vielen darüber angestellten Versuchen im Jahre 1758 das erste achromatische Fernrohr von fünf Fuss Länge zu Stande zu bringen. Es wurde mit allgemeinem Beifall aufgenommen, da es in seinen Wirkungen die besten bisher bekannten Fernröhre von viel grösserer Länge weit übertraf. Er verwendete die letzten drei Jahre seines Lebens zur Vervollkommnung seiner Entdeckung, die er noch sehr weit zu führen die gewisse Hoffnung hatte, und überliess sie endlich seinem Sohne Peter Dollond, der ihr in Verbindung mit Ramsden die Vollendung gab, die wir bereits am Ende des verflossenen Jahrhunderts an diesen Instrumenten zu bewundern Gelegenheit hatten.

Euler im Gegentheile, der anfangs an die glücklichen Erfolge des englischen Künstlers kaum glauben konnte, da er die Brechbarkeit und Farbenzerstreuung jener zwei Glasarten für viel zu wenig verschieden hielt, um darauf so grosse Wirkungen zu gründen, suchte, als er die mechanische Ausführung der achromatischen Fernröhre nicht weiter bezweifeln konnte, nun auch von seiner Seite die Theorie dieser Instrumente zu fördern. Er machte die Resultate seiner Untersuchungen in den Memoiren der Akademie zu Berlin und Petersburg, und endlich in einem eigenen, grösseren Werke, in seiner Dioptrik (Petersburg 1769), öffentlich bekannt. Seitdem haben wir von Clairaut, d'Alembert,

Klügel, Gauss u. a. mehrere treffliche Bearbeitungen dieses Gegenstandes erhalten.

In neuerer Zeit haben sich unter den optischen Künstlern vorzüglich Fraunhofer (jetzt Merz), so wie Steinheil in München, Alvan Clark in Boston, Cooke in London und Plössl in Wien ausgezeichnet. Die grösste Schwierigkeit, die sich der Verfertigung vollkommener Objektive entgegensetzt, besteht in der Bereitung grosser Stücke reinen, wellenfreien Glases. Auch sind die Verhältnisse, mit welchen jene zwei Glasarten die Lichtstrahlen brechen, in der That sehr wenig von einander verschieden, da sie nur zwischen den engen Grenzen von $1\frac{5}{10}$ und $1\frac{6}{10}$ liegen. Noch enger sind die Grenzen für die Farbenzerstreuungen dieser beiden Glasarten. Andere Glasgattungen, welche, in diesen beiden Beziehungen, grössere Verschiedenheit hätten, würden viel bessere Mittel zur Fertigung vollkommener Fernröhre darbieten, da auf diesen Verschiedenheiten die Aufhebung der beiden oben erwähnten Fehler vorzüglich beruht. Da das Blei in grösserer Quantität sich nicht gut mit den übrigen Bestandtheilen des Glases zu einer homogenen Masse vermischt, so hat man verschiedene andere Beimischungen von Zink, Wismuth, Baryt u. s. w. zu diesem Zwecke vorgeschlagen. Unter der Voraussetzung einer solchen, von den bisherigen in jenen zwei Beziehungen mehr verschiedenen Glasart hat der Verfasser vorliegenden Werkes bereits im J. 1827 theoretische Untersuchungen über die aus solchen Glasgattungen bestehenden Fernröhre angestellt, und gefunden *), dass bei ihnen die beiden Linsen, aus welchen das Objektiv besteht, nicht mehr nahe in Berührung, sondern dass sie in beträchtlicher Entfernung von einander gestellt werden müssen, um ihre grösste Wirkung zu äussern, so zwar, dass die zweite Linse bei günstigen Verhältnissen der Glasarten nahe in die Mitte des ganzen Fernrohrs zu stehen kommt. Wegen dieser Trennung der beiden Objektivlinsen hat man diese Fernröhre dialytische genannt. Der bereits erwähnte treffliche Optiker Plössl in Wien hat deren von allen Dimensionen ausgeführt, die nach dem einstimmigen Urtheile der Kenner die bisherigen achromatischen Fernröhre in mancher Beziehung sogar übertreffen. Da ihm, so wie überhaupt allen optischen Künstlern jene neuen Glasarten noch fehlen, so hat er den Versuch gemacht, die zweite, innere Linse, die aus der neuen Glasart verfertiget werden sollte, durch eine eigens construirte Doppellinse von Kron- und Flintglas zu ersetzen, und obschon der Versuch sehr glücklich ausfiel, so würde doch, wie man nicht zweifeln kann, eine einfache Linse, und vielleicht am besten eine solche einfache, biconcave Linse, deren Glas die zu diesem Zwecke erforderlichen Eigenschaften im hohen Grade besässe, noch glänzendere Resultate geben. Die Vortheile, welche diese dialytischen Fernröhre gewähren, bestehen vorzüglich darin, dass die zweite oder die innere Linse sich bis auf ihre Hälfte und selbst darunter verkleinert, wodurch die Anfertigung grosser Fernröhre sehr erleichtert und der bisherige hohe Preis dieser Instrumente viel mässiger wird; dass ferner die Länge der Fernröhre durch die neue Einrichtung bedeutend vermindert werden kann, und dass endlich dadurch diese neuen optischen Instrumente an

*) Zeitschrift für Physik und Mathematik von Baumgartner. Wien. Bd. IV. S. 257, und neue Folge, Bd. III. S. 57.

Schärfe sehr gewinnen, weil die Lichtstrahlen, nach ihrem Durchgange durch die zweite Objektivlinse, sich unter viel grösseren Winkeln als bisher zu dem Bilde vereinigen, und dadurch dem Bilde selbst mehr Präcision und eine schärfere Begrenzung geben.

Auch die frühere Idee Euler's, statt der Gläser besondere Flüssigkeiten zu wählen, hat man in neuerer Zeit auszuführen gesucht. Blair und Brewster im J. 1813 in London, Girard 1822 in Wien, Barlow 1828 und nahe um dieselbe Zeit auch Rogers in Edinburg haben solche Versuche angestellt, die, nach den darüber erhaltenen Nachrichten, ziemlich glücklich ausgefallen sind. Zu diesen aplanatischen Fernröhren, wie man sie nennt, hat Brewster das ätherische Oel von Cassia und Sassafras, später aber vorzugsweise Schwefelalkohol (*sulfuret of carbon*) vorgeschlagen, welchen letzteren auch Barlow anwandte. Girard soll Terpentinöl, und Marx in Göttingen Kreosot zu den aplanatischen Objektiven gebraucht haben. In Barlow's erstem Fernrohre dieser Art hat das vordere Objektiv von Kronglas 6 Zoll Durchmesser und 3 Fuss Brennweite — die Flüssigkeitslinse steht von jenem 24 Zoll ab — und hat einen Durchmesser von bloss 3 Zoll. Ein späteres von demselben Künstler verfertigtes hat eine Oeffnung der ersten Linse von 7⁴/₅ Zoll, in einer Entfernung von 40 Zoll von der zweiten. Dieses Fernrohr, das in seiner ganzen Länge 8.7 Fuss hat, soll so viel leisten als ein gutes achromatisches von 18 Fuss Länge. Eine grosse Schwierigkeit bei solchen mit Flüssigkeiten gefüllten Objektiven besteht in den Einflüssen der Temperatur, und den dadurch bewirkten Ungleichheiten in der Dichte der Fluida, wie denn diese aplanatischen Fernröhre, die mit den dialytischen im Grunde auf demselben Princip, auf der Trennung der beiden Objektivlinsen beruhen, noch als in ihrer ersten Entstehung begriffen zu betrachten sind.

Die grössten und zugleich bewährten Refraktoren befinden sich gegenwärtig in Boston im Besitze des Hrn. Clark mit 18 Zoll engl. Oeffnung; in Pulkowa bei Petersburg und in Cambridge (Nordamerika), jeder von 15 englischen Zoll Oeffnung; in Markree Castle (Irland) mit 13½ Zoll; Cincinnati (Nordamerika) mit 13 Zoll; in Kensington mit 12 Zoll; in Cambridge (England) mit 11½ Zoll; in Constantinopel und München mit 10½ Pariser Zoll; in Rom, Berlin, Dorpat, Washington mit 9 Zoll u. s. w.

Es wurde schon oben erwähnt, dass Newton, um den Unvollkommenheiten der dioptrischen Fernröhre zu entgehen, katoptrische oder Spiegelteleskope empfahl, die denn auch, besonders in England und vorzugsweise gegen das Ende des verflossenen Jahrhunderts durch den älteren Herschel auf einen nie geahnten Grad der Vollkommenheit gebracht wurden. Herschel verfertigte im J. 1774, also in seinem 36. Jahre, sein erstes Spiegelteleskop von 5 Fuss Länge. Das Gelingen dieses ersten Versuches bewog ihn, die Sache weiter, und wie es bei allen seinen Unternehmungen der Fall war, sogleich in's Grosse zu treiben. So verfertigte er seit dieser Epoche nicht weniger als 200 Teleskope von 7 Fuss, 150 von 10 Fuss und 80 von 20 Fuss, nebst mehreren von 25 Fuss Brennweite. Die von 20 Fuss hatten einen Spiegel von 18 Zoll Durchmesser, mit der stärksten Vergrösserung von 2000; die von 25 Fuss hatten einen Spiegel von 24 Zoll Oeffnung. Im Jahre 1781 begann er einen Reflektor von 30 Fuss Fokallänge mit einem

Spiegel von 36 Zoll Oeffnung, und unter dem freigebigen Schutze Georg's III. vollendete er im Jahr 1789 sein Riesenteleskop von 40 Fuss Brennweite und 49½ Zoll Oeffnung. Bei diesem letzteren konnte er die Vergrösserung bis 7000 treiben, ohne das Instrument zu überladen. Doch kam dasselbe bald ausser Gebrauch, da der grosse Spiegel matt und nicht wieder hergestellt wurde, was bei diesen Teleskopen von Zeit zu Zeit geschehen muss. Eine Abbildung dieses Teleskopes und seiner Aufstellung sieht man in Fig. 116. Das Ocular steht hier oben parallel zum Fernrohre (*front-view*). Die meisten seiner bewunderungswürdigen Entdeckungen am Himmel hat Herschel d. ä. mit dem 20füssigen Teleskope gemacht, das zugleich sehr bequem zum praktischen Gebrauche war. Mit katoptrischen Instrumenten derselben Dimension hat J. Herschel in Slough (bei London) und am Kap seine grossen Arbeiten geliefert, und Lassell in Starfield (bei Liverpool) und auf Malta wichtige Entdeckungen gemacht. Aehnliche Reflektoren befinden sich in Greenwich, Mailand u. a. O. In den letzten Jahren hat Lord Rosse die Spiegelteleskope neuerdings in Schwang gebracht, und nebst mehreren kleineren, ein Riesenteleskop von 53 engl.

Fig. 116.

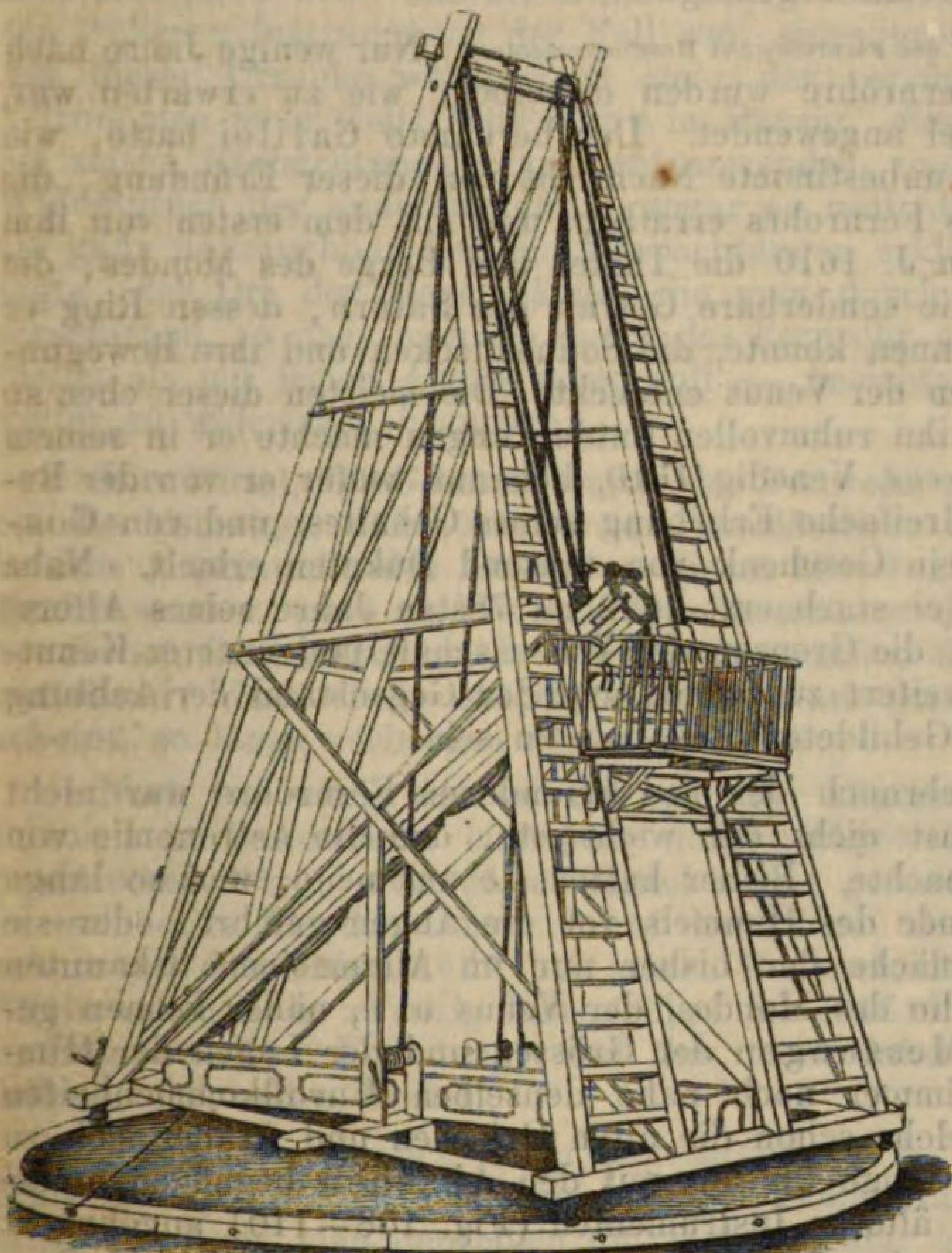
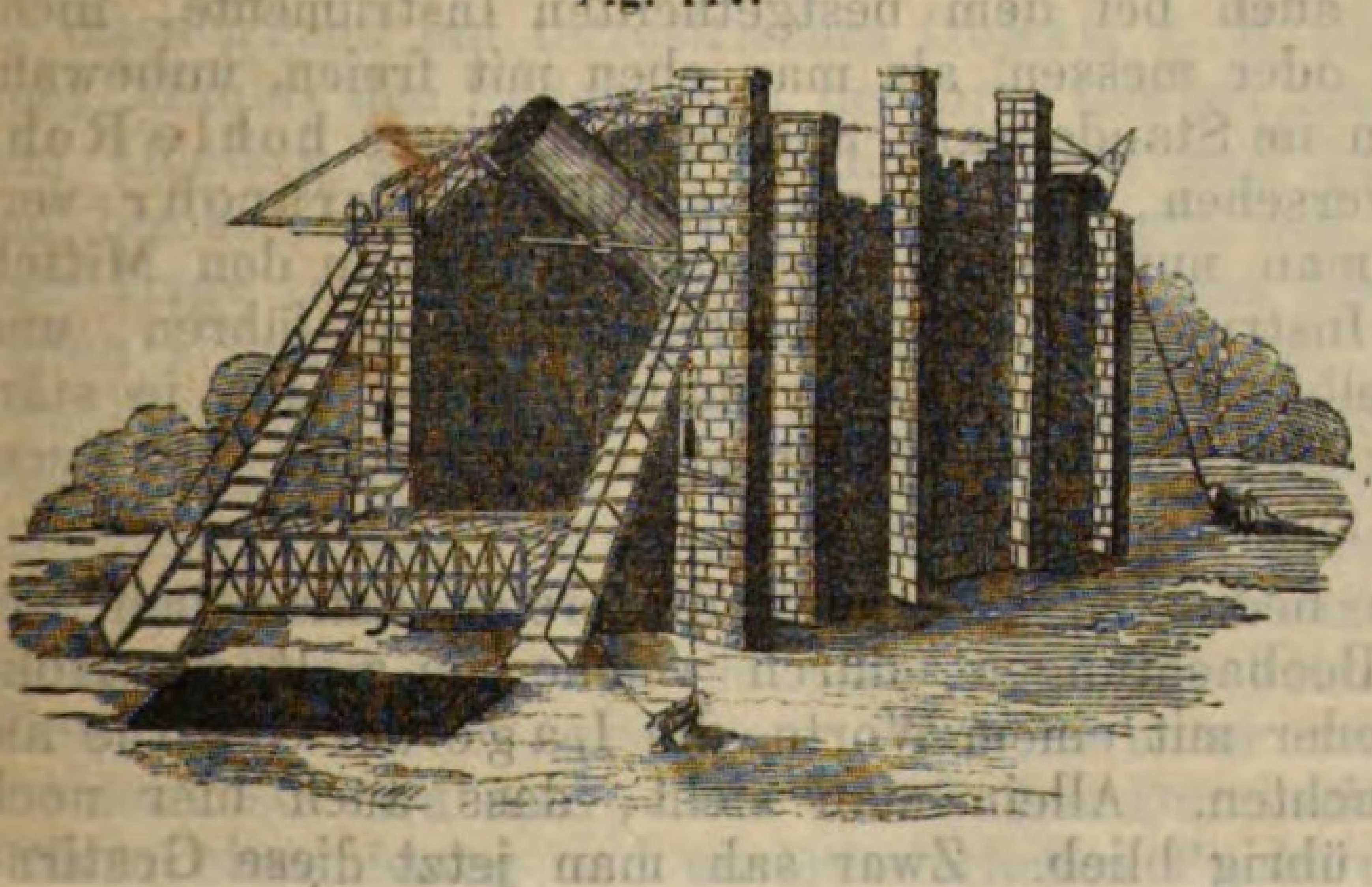


Fig. 117.



Fuss Länge mit einem Spiegel von 6 Fuss Durchmesser in Parsonstown (Irland) hergestellt, das namentlich an Lichtstärke alles bisher Geleistete weit hinter sich zurücklässt. Fig. 117 zeigt die Aufstellung dieses grossartigen Werkes, bei welchem man auf der in der Zeichnung ersichtlichen Treppe zu dem oben und nach Newton's Konstruktion seitwärts im Rohre angebrachten Oculare gelangt.

§. 15. (Anwendung der Fernröhre bei Messinstrumenten.) Nur wenige Jahre nach der Erfindung der Fernröhre wurden dieselben, wie zu erwarten war, schon auf den Himmel angewendet. Der berühmte Galilei hatte, wie man sagt, auf eine unbestimmte Nachricht von dieser Erfindung, die Zusammensetzung des Fernrohrs errathen, und mit dem ersten von ihm verfertigten schon im J. 1610 die Thäler und Berge des Mondes, die Satelliten Jupiters, die sonderbare Gestalt des Saturn, dessen Ring er aber noch nicht erkennen konnte, die Sonnenflecken und ihre Bewegungen, so wie die Phasen der Venus entdeckt. Die meisten dieser eben so unerwarteten als für ihn ruhmvollen Entdeckungen machte er in seinem Werke: *Nuntius sidereus,* Venedig 1610, bekannt, wofür er von der Republik Venedig eine dreifache Erhöhung seines Gehaltes, und von Cosmus II. in Florenz ein Geschenk von tausend Dukaten erhielt. Nahe dreissig Jahre noch (er starb erst 1642 im 78sten Jahre seines Alters) genoss er die Freude, die Grenzen der Wissenschaft und unserer Kenntniss des Himmels erweitert zu haben, und der Gegenstand der Achtung und Verehrung aller Gebildeten Europa's zu sein.

Allein dieser Gebrauch der neu erfundenen Fernröhre war nicht der einzige, und selbst nicht der wichtigste, den die Astronomie von diesen Werkzeugen machte. Bisher hatten sie uns neue, und so lange unbekannte Gegenstände des Himmels vor die Augen geführt, oder sie hatten uns die Oberfläche der bisher nur im Allgemeinen bekannten Himmelskörper, wie die des Mondes, der Venus u. f., näher kennen gelehrt. Aber unsere Messungen der Grössen und der Lagen der Himmelskörper blieben immer noch nahe denselben Unvollkommenheiten unterworfen, über welche schon die alten Griechen und Araber sich zu beklagen hatten. So lange wir uns mit den Absehen begnügen mussten, wie sie bei den älteren Instrumenten (Fig. 108—110) angebracht waren, oder auch mit einem blossen Rohre, an dessen einem, dem Ocular-Ende, eine kleine Oeffnung, und an dem anderen ein Kreuzfaden war, so lange konnte man, auch bei dem bestgetheilten Instrumente, nicht genauer beobachten oder messen, als man eben mit freien, unbewaffneten Augen zu sehen im Stande war. Sobald aber dieses hohle Rohr mit zwei Glaslinsen versehen, und in ein eigentliches Fernrohr verwandelt war, durfte man nur das zu messende Gestirn in den Mittelpunkt dieses an dem Instrumente angebrachten Fernrohrs führen, und die Beobachtung desselben musste offenbar desto genauer sein, je stärker die Vergrösserung und die Deutlichkeit war, mit welcher das Fernrohr die Gegenstände zeigte.

Auf diese Weise bedienten sich auch die ersten Astronomen des Fernrohrs bei ihren Beobachtungen, durch welche sie z. B. die Höhe oder die Declination, oder mit einem Worte, die Lage der Gestirne am Himmel anzugeben suchten. Allein man sieht, dass auch hier noch manches zu wünschen übrig blieb. Zwar sah man jetzt diese Gestirne

viel besser, und konnte sie daher auch viel genauer beobachten; aber da man sie in dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes beobachten musste, und da dieser Mittelpunkt durch nichts ausgezeichnet war, sondern gleichsam nur errathen oder geschätzt werden musste, so waren Missgriffe und selbst bedeutende Beobachtungsfehler nicht wohl zu vermeiden, besonders wenn das kreisrunde Feld der Fernröhre, wie diess bei den früheren Instrumenten der Fall war, einen grösseren Umfang hatte. Aus dieser Ursache wollte auch einer der vorzüglichsten praktischen Astronomen jener Zeit, Hevelius in Danzig, diese neuen Instrumente bei seinen Beobachtungen gar nicht anwenden, und er ging, durch den Widerspruch der anderen gereizt, sogar so weit, dass er die Fernröhre als ganz unbrauchbar bei den Beobachtungen erklärte, weil sie, wie er sagte, den Ort der Gegenstände, die man durch dasselbe betrachtet, verschieben, so dass man sie durch das Fernrohr an einer ganz andern Stelle, als mit freien Augen sehen soll — Ansichten, die wir hier nicht weiter zu widerlegen brauchen.

Ein Mittel, die Gestirne durch das Fernrohr genauer zu pointiren, als die bisherige, unbestimmte und unerlässliche Einstellung desselben in den Mittelpunkt des Feldes — dieses Mittel also musste noch gefunden werden, wenn anders das neue Instrument die eigentlichen astronomischen Beobachtungen in der That wesentlich fördern sollte. Es ist auffallend, dass dieses Mittel, das doch uns jetzt so nahe zu liegen scheint, so lange verborgen bleiben konnte.

Noch vor wenig Jahren war man der allgemeinen Meinung, dass Picard in Frankreich, einer der ausgezeichnetsten theoretischen und praktischen Astronomen, dieses Mittel zuerst gefunden habe. Auch kam er wohl ohne fremden Beistand auf diese Idee, die er, wie es scheint, schon seit dem Jahre 1667 bei seinen Beobachtungen angewendet hat. Allein schon über zwanzig Jahre früher, im J. 1640, machte Gascoigne in England diese Erfindung, und ihm muss daher auch die Ehre derselben vorbehalten bleiben.

Wenn man nämlich einen Gegenstand, z. B. einen Faden, in die Nähe des Brennpunktes *F* (Fig. 115) der beiden Linsen eines Fernrohrs bringt, so sieht man denselben durch das Ocular *bb'* desto reiner, und, selbst wenn er weiss z. B. ein Silberfaden ist, desto schwärzer, je näher er jenem Brennpunkte gebracht wird. Stellt man nun das Fehrnrohr so, dass irgend ein terrestrisches Objekt, z. B. die wohlbegrenzte Ecke einer Mauer, den Faden eben berührt; bewegt man dann das Auge vor dem Oculare so weit als möglich rechts und links oder auf und ab, und bleibt der Faden in allen diesen Lagen des Auges immer in gleicher Lage zum Objekte, so ist diess eben das beste Zeichen, dass der Faden selbst im Brennpunkte des Fernrohrs, d. h. in demjenigen Orte desselben steht, wo von der vordern, grössern Linse des Fernrohrs das kleine Miniaturbildchen des Objektes entworfen wird, von dem wir oben gesprochen haben. Was aber hier von dem terrestrischen Objekte gesagt ist, gilt auch von den Gestirnen. Hat man daher durch diesen Brennpunkt in einer auf die Achse *EAO* der beiden Linsen senkrechten Ebene zwei Fäden gespannt, die sich unter rechten Winkeln durchkreuzen, so wird man, eben durch den Durchschnittspunkt der beiden Fäden, einen festen und unveränderlichen Punkt des Feldes haben, mit

welchem man die Lage der zu beobachtenden Sterne bequem und sicher vergleichen kann, indem man nämlich bei jeder Beobachtung durch eine angemessene Bewegung des Fernrohrs den Stern nur immer in diesen Durchschnittspunkt der beiden Fäden zu bringen sucht. Man wird sich dabei leicht eine einfache Vorrichtung, z. B. einen im Innern des Fernrohrs angebrachten Ring denken können, der diese Fäden trägt, während er selbst durch äussere kleine Schrauben nach allen Richtungen bewegt, und in jeder derselben festgehalten wird, wodurch daher die Fäden in die erforderliche Lage gebracht werden können.

Diese einfache, aber folgenreiche Idee ist es, die der oben erwähnte Gascoigne zuerst gehabt und ausgeführth hat (*Phil. Transact.* XXX. 680.). Aus den Briefen an seine Freunde Crabtree und Horrockes, die vom Jahre 1640 datiren, folgt, dass er schon damals ein mit solchen Fäden versehenes Fernrohr zu seinen Beobachtungen gebraucht, und dass er auch schon, um diese Fäden bei Nacht zu sehen, das Innere des Fernrohrs beleuchtet habe. Horrockes, der schon vor seinem 25sten Jahre (im J. 1641) starb, war selbst ein ausgezeichnetes astronomisches Talent und bekannte bei mehreren Gelegenheiten seine Bewunderung der mannigfaltigen schönen Erfindungen, die Gascoigne in der Kunst zu beobachten gemacht hatte. Auch der Letzte wurde den Wissenschaften durch den Tod noch in der ersten Blüthe seines Alters entrissen. Er starb in seinem 23sten Jahre in der Schlacht von Marston Moor, die Cromwell den königlichen Truppen geliefert hatte. Man hat diese Erfindung dem französischen Astronomen vindiciren wollen, der in seiner *Scientia longitudinum*, *Paris* 1634, allerdings zuerst von der Anwendung des Fernrohrs auf die Quadranten sprach, und die Möglichkeit nachwies, so Sterne bei Tage zu beobachten, aber nicht im geringsten der Fäden im Brennpunkte des Rohrs erwähnte. Selbst die Sonnenbeobachtungen Picard's vom Jahre 1667, die ersten, die in Frankreich an einem mit einem Fernrohre versehenen Quadranten gemacht worden sind, erwähnen dieser Fäden nicht ausdrücklich, wenigstens nicht in der Relation, die Lalande in seiner Astronomie (§. 2310) davon gegeben hat, wie denn auch Huyghens in seinem *Systema Saturnium,* das erst 1659 heraus kam, von diesen Fäden, als von einer neuen Sache und von seiner eigenen Erfindung spricht, was er nicht hätte thun können, wenn er dieselben schon früher bei Picard, den er wohl kannte, und mit dem er früher in Paris längere Zeit durch gelebt hatte, gefunden hätte. Doch ist es möglich, und selbst nicht unwahrscheinlich, dass Huyghens und Picard auf diese einem fleissigen und talentvollen Beobachter so nahe liegende Idee, jeder für sich und ohne fremde Hülfe, gekommen sind, um so mehr, da die frühere Entdeckung Gascoigne's selbst in England so lange Zeit unbekannt geblieben ist.

Immer sieht man, dass ohne dieses oder ein ähnliches gleich gutes Mittel das Fernrohr auf den zu beobachtenden Gegenstand nicht mit Genauigkeit gerichtet oder pointirt werden kann, und dass, ohne dasselbe, jede Beobachtung nur eine beiläufige Schätzung nach dem Augenmasse genannt werden darf. In der That ist es auch diese Einrichtung, in welcher die grossen Vorzüge gesucht werden müssen, welche die neueren Beobachtungen vor denen der Alten so sehr auszeichnen, und ohne welche alle jene an sich so bewunderungswürdigen Verfeinerungen,

mit welchen unsere gegenwärtigen astronomischen Instrumente in Beziehung auf ihre Konstruction und auf ihre Eintheilung ausgestattet sind, ohne allen Erfolg geblieben wären. Denn diejenigen Fehler, welche aus jenen beiläufigen Einstellungen in die Mitte des Gesichtsfeldes eines Fernrohres entstanden, waren viel grösser als die, welche, auch zu jener Zeit, aus der fehlerhaften Eintheilung oder der unzweckmässigen Einrichtung in dem Baue der Instrumente entspringen konnten. Mit Recht kann man daher sagen, dass die neueren Beobachtungen ihre sie in so hohem Grade auszeichnende Genauigkeit vorzüglich dieser Entdeckung verdanken, und dass dieselbe in der Geschichte der beobachtenden Astronomie eine neue und zwar eine sehr glänzende Epoche begründet.

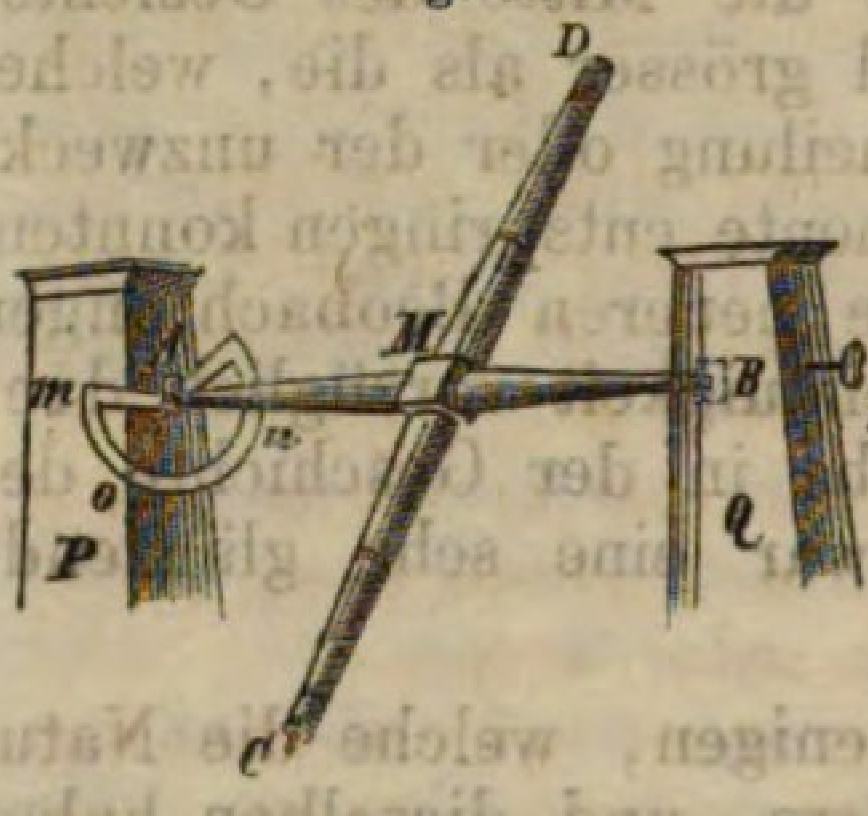
Zu diesen Fäden aber eignen sich diejenigen, welche die Natur durch ihre Spinnen weben lässt, ganz besonders, und dieselben haben immer den Vorrang vor Erzeugnissen der Kunst behauptet. Die Eigenschaften, auf welche sich dieser Vorzug gründet, sind hauptsächlich: ausserordentliche Feinheit, so dass auch bei den stärksten Vergrösserungen selbst die kleinsten Objecte, eine unerlässliche Bedingung für die Sicherheit der Beobachtung, nicht ganz bedeckt werden; ferner völlig gleiche Dicke, genau geradlinige Begrenzung, Freiheit von aller Biegung durch Torsion, vollkommene Biegsamkeit und verhältnissmäsig sehr grosse Zähigkeit, welche die nöthige Spannung erlaubt. Merkwürdig ist dabei der Umstand, dass diese so äusserst zarten Gegenstände, obschon sie gerade im Brennpunkte des Objectives, also dort stehen, wo andere Körper, wenn die Linse vor die Sonne gebracht wird, sich sofort entzünden, bei Sonnenbeobachtungen nicht die kleinste Veränderung erleiden. Ob diese überraschende Erscheinung nur überhaupt der Dünne dieser Fäden zuzuschreiben, oder ebenfalls irgend einer besonderen Eigenthümlichkeit der Materie des Spinngewebes z. B. einer ungewöhnlichen Wärmeleitungsfähigkeit zu verdanken sei, ist noch nicht hinreichend untersucht. Man verwendet übrigens zu jenen Fadennetzen nicht das Gespinnst, welches die Spinnen als Fanggarn verfertigen, sondern die Hülle, welche sie um ihre Eier spinnen, und wählt dann nach Umständen das Produkt verschiedener Arten, die eben am häufigsten vorkommen. Auch der Cocon und die Fäden der gemeinen Stubenspinne (*Tegenaria domestica*) sind dazu zu brauchen, nur dass man in letzterem Falle den Faden unmittelbar aus der Spinne ziehen, indem man sie fallen lässt und den dabei entstehenden Faden z. B. um eine Gabel wickelt.

Nach diesen vorausgeschickten Bemerkungen über das Fernrohr wird es nun leicht sein, die Einrichtung und den Gebrauch der damit versehenen Instrumente zu begreifen.

§. 16. (Mittagsrohr.) Wir haben bereits oben erinnert, dass der Quadrant, selbst der Mauerquadrant, seiner Konstruktion nach, nicht geeignet ist, die Zeit oder die Rectascension der Gestirne unmittelbar und mit der nöthigen Schärfe zu geben, vorzüglich aus dem Grunde, weil diese Instrumente nur selten oder gar nicht eine vollkommene Ebene, ohne Wellen und Biegungen, bilden, daher sie auch nie als genau in der Ebene des Meridians stehend angenommen werden können, wie diess

doch erfordert wird, wenn man an ihnen den Durchgang der Gestirne durch den Meridian beobachten soll.

Fig. 118.



Der berühmte dänische Astronom Olaus Römer ist der Erfinder desjenigen Instruments, welches zu jenem Zwecke noch heute mit Recht als das geeignetste angesehen wird. Er stellte dasselbe auf der von ihm in Kopenhagen erbauten Sternwarte auf, und die zahlreichen Beobachtungen, welche er mit demselben anstellte, zeugten von der Zweckmässigkeit des neuen Instruments. Dasselbe ist in Fig. 118 abgebildet, und allgemein unter dem Namen des Mittagsrohrs (Passageninstrument) bekannt.

Eine horizontale Achse *AB* von Metall liegt mit ihren beiden äussersten cylindrischen Enden *A*, *B*, um die sich diese Achse drehen lässt, auf soliden Pfeilern *P*, *Q* von Stein, und durch die Mitte *M* dieser Drehungsachse geht das Fernrohr *CD* in einer auf die Achse senkrechten Stellung. Wird daher die Rotationsachse *AB* genau in den Horizont und in die Richtung von Ost nach West gebracht, so liegt das Fernrohr in der Richtung von Südnach Nord, und geht, wenn es um die Achse *AB* gedreht wird, in der Ebene des Meridians auf und nieder, so dass man also nur die Durchgänge der Sterne durch dieses Fernrohr an einer Uhr beobachten darf, um sofort auch die Uhrzeiten des Durchgangs dieser Sterne durch den Meridian, d. h. um die Uhrzeiten der Kulminationen zu erhalten.

Man sieht aus dem ersten Anblicke des Instruments, dass es, wenn es anders mit einiger Vorsicht gebaut und aufgestellt ist, eine viel grössere Stetigkeit und Sicherheit gewährt, als man von einem Quadranten je erwarten kann.

Um das Fernrohr auf die schon sonst bekannte mittägige Höhe des Sterns, der eben durch den Meridian gehen soll, zu stellen, ist an dem einen Ende *A* der Drehungsachse ein Halbkreis *mon* angebracht, der in einer auf diese Achse senkrechten Lage an den Pfeiler *P* befestiget ist. Concentrisch mit ihm ist ein Zeiger oder eine Alhidade *Ao*, dem Fernrohre *CD* parallel, an dem Ende *A* der Achse angebracht. Diese an ihrem Ende *o* mit einem feinen Striche versehene Alhidade *Ao* bewegt sich also sammt dem Fernrohre um die Achse *AB*, und zeigt an dem Kreise *mn* die Höhe des zu beobachtenden Gestirns bloss in ganzen Minuten an, da diess hinreicht, das Gestirn in das Feld des Fernrohrs zu bringen.

Die beiden Enden *A* und *B* der Achse liegen jedes auf doppelten, starken Metallplatten auf, die in der Zeichnung durch Vierecke angezeigt sind. Der eine Theil jeder Platte ist an dem Pfeiler fest, und der andere, der eigentlich die Achsen-Enden *A* und *B* trägt, lässt sich durch Schrauben an dem ersten hin und wieder bewegen, und zwar der eine bei *A* senkrecht auf und ab, und der andere bei *B*, horizontal vor- und rückwärts. Die letzte Bewegung setzt uns demnach in den Stand, die Drehungsachse genau in die Richtung von Ost nach West, d. h. das auf die Achse senkrechte Fernrohr genau in die Ebene des Meridians zu brin-

gen, und die erste dient dazu, das eine Ende *A* der Achse so lang zu erhöhen oder zu erniedrigen, bis diese Achse *AB* selbst genau horizontal ist, was man mit Hülfe einer Wasserwage erkennt, die man, mit ihren Stützen oder Haken, an die beiden cylindrischen Enden *A* und *B* der Achse aufstellt oder anhängt.

Um für nächtliche Beobachtungen das Innere des Fernrohrs zu beleuchten, dient eine an der äussern Seite des Pfeilers angebrachte Lampe *p*, die ihr Licht durch den in der Richtung *pB* durchbohrten Pfeiler und durch die ebenfalls hohle Drehungsachse *BM* auf einen kleinen Spiegel wirft, der im Innern des Fernrohrs bei *M* unter einer gegen *BM* schiefen Stellung aufgestellt ist, so dass er das von der Lampe empfangene Licht gegen das Ocular *C* des Fernrohrs reflektirt.

§. 17. (Rectification der Fäden des Mittagsrohrs.) Ehe man mit diesem Instrumente Beobachtungen anstellt, muss es in allen seinen Theilen berichtiget oder rectificirt sein. Wir wollen die wichtigsten dieser Operationen hier kurz anzeigen, da sich die meisten derselben auch auf die noch ferner anzuführenden Instrumente unverändert anwenden lassen.

Zuerst wollen wir bemerken, dass man durch den Brennpunkt des Fernrohrs einen auf die Achse der beiden Linsen (§. 12) senkrechten Faden in vertikaler Richtung einspannt. Dieser Faden wird daher, wenn das ganze Instrument richtig steht, den Theil des Meridians vorstellen, nach welchem das Fernrohr gerichtet ist, und der Augenblick, in welchem ein Stern hinter diesem Faden gesehen wird, wird der gesuchte Augenblick der Kulmination dieses Sterns sein.

Um aber dem Faden die bezeichnete Stellung zu geben, in welcher er erstens senkrecht auf der Achse der beiden Linsen liegt, zweitens genau durch den Brennpunkt geht, und drittens auf den Horizont vertikal steht, wird man sich aus dem Vorhergehenden erinnern, dass dieser Faden im Innern des Fernrohrs an einem feinen metallenen Ringe angebracht ist, welcher Ring selbst wieder durch eigene Schrauben nach allen Richtungen bewegt werden kann. Da dieser Ring gewöhnlich schon von dem Künstler senkrecht auf die Linsenachse gestellt wird, und da auch ein kleiner Fehler in dieser Stellung keine nachtheiligen Folgen hat, indem man doch immer nur in der Nähe der Mitte dieses Fadens beobachtet, so kann man in den meisten Fällen von den oben aufgezählten Forderungen die erste als schon erreicht betrachten.

Nicht so ist es mit der zweiten oder mit der Bedingung, dass der Faden auch genau durch den Brennpunkt des Rohrs gehe. Diese Untersuchung theilt sich in zwei von einander wesentlich verschiedene. Es kann nämlich erstens der zur Linsenachse senkrecht stehende Faden zwar durch diese Achse gehen, aber zu weit vor oder hinter dem Brennpunkte, d. h. zu nahe oder zu fern von dem Objektive des Fernrohrs stehen. Oder er kann zweitens, obschon er in derselben Entfernung wie der Brennpunkt von dem Objective ist, doch noch zur Seite dieses Brennpunktes, rechts oder links von ihm liegen. In beiden Fällen wird er nicht, wie doch gefordert wird, durch den Brennpunkt gehen.

Ehe aber der Beobachter an diese beiden Korrectionen geht, wird er die Entfernung der beiden Linsen seinem Auge gemäss ändern. Aus den gemeinsten Erfahrungen an jedem Theaterperspective ist bekannt, dass der Kurzsichtige, wenn er durch ein solches Instrument gut sehen soll, dasselbe verkürzen, oder die beiden Linsen einander näher rücken

muss, während der Weitsichtige sie von einander entfernt. Auch muss jeder von ihnen, wenn er gut sehen will, diese Distanz der Linsen etwas ändern, wenn er sehr nahe, oder wenn er sehr entfernte Gegenstände beobachtet. Dasselbe gilt auch für astronomische Fernröhre. Da aber diese vorzugsweise für die himmlischen, d. h. für sehr weit entfernte Gegenstände bestimmt sind, so wird der Beobachter, ohne alle Rücksicht auf jenen Faden, sein Fernrohr zuerst auf ein Gestirn richten, und sein Ocular so lange verstellen, bis er das Gestirn deutlich sieht. Am besten zu diesem Zwecke wird man die Doppelsterne wählen, von welchen, in dieser Beziehung, schon oben (*II.* §. 207) gesprochen wurde. Wenn man nun, durch diese Verschiebung des Oculars, es dahin gebracht hat, dass man einen solchen Doppelstern ganz rein und deutlich sieht, so wird man vielleicht den Faden nur sehr schlecht, in der Form eines grauen, breiten Streifens erblicken, zum Zeichen, dass er entweder zu nahe an, oder zu ferne von dem Oculare steht. Denn in der wahren Entfernung von dem Oculare, d. h. wenn er im Brennpunkte desselben steht, der nach dem Verfahren mit dem Sterne auf den Brennpunkt des Objectives fällt, erscheint er, schwarz und scharf begrenzt. In diesem Falle wird man also, mittels der dazu bestimmten Schraube, den den Faden tragenden Ring in der Richtung der Länge des Fernrohrs so lange verschieben oder seine Distanz von dem Objecte ändern, bis er dem Auge völlig rein erscheint. Allein diese blosse Ansicht des Fadens ist wohl hinreichend, ihn dem Brennpunkte sehr nahe zu bringen, aber sie genügt nicht, um ihn mit der grössten Schärfe genau durch diesen Brennpunkt selbst zu führen. Zu diesem letzten Zwecke wird man, nach jener ersten rohen Berichtigung des Fadens, das Fernrohr auf irgend ein weit entferntes, wohl begrenztes Object, z. B. auf die Ecke einer Thurmspitze richten, und den Faden mit dieser Ecke in genaue Berührung bringen. Dann bewegt man das Auge vor dem Ocular rechts und links so weit, dass man nur eben noch durch das Fernrohr den Faden sehen kann, und merkt genau auf, ob in den beiden äussersten Lagen des Auges jene Berührung immer genau statthat. Tritt dieser Umstand zufällig ein, so wird man sich versichert halten, dass der Faden, wenn er auch nicht durch den Brennpunkt geht, doch in einer durch diesen Brennpunkt auf die Linsenachse senkrechten Ebene liegt. Wenn aber, während das Auge sich vor dem Ocular bewegt, der Faden auf dem terrestrischen Objecte nicht fest bleibt, sondern ebenfalls sich zu bewegen scheint, so ist diess ein Zeichen, dass er noch nicht in der erwähnten Ebene, sondern dass er hinter oder vor dieser Ebene liegt. Welcher von diesen beiden Fällen aber in der That statthat, wird man durch folgende einfache Vorschrift finden: wenn bei jener Bewegung des Auges, Auge und Faden nach derselben Seite, z. B. beide rechts gehen, so steht der Faden zu nahe am Objectiv, und muss daher von ihm entfernt werden: geht aber Auge und Faden auf entgegengesetzte Seiten, z. B. jenes rechts und dieser links, so steht der Faden zu weit von dem Objective, und muss daher demselben genähert werden. — Eigentlich scheint es dem Beobachter, als ob nicht der Faden beweglich wäre, wenn er sein Auge in verschiedene Stellungen vor das Ocular bringt. Diesem Scheine gemäss kann man daher die vorhergehende Regel auch so stellen: wenn Auge und Bild des terrestrischen Gegenstandes auf verschiedene Seiten gehen, so ist der Faden zu nahe

an dem Objective; wenn Auge und Bild auf dieselbe Seite gehen, so ist der Faden zu weit von dem Objective, und muss daher demselben so lange genähert werden, bis das Auge, während seiner eigenen Bewegung, keine Aenderung des Bildes mehr bemerkt. Dieses Verfahren ist übrigens für Weit- und Kurzsichtige dasselbe, denn wenn auf diese Art der Faden auf seine wahre Lage gebracht ist, so wird der Weitsichtige sowohl, als der Myops nur das Ocular, seinem eigenen Auge gemäss, verändern, um sofort wieder beide Gegenstände, den Faden sowohl als das Gestirn deutlich zu sehen.

Durch diese erste Berichtigung ist, wie gesagt, der Faden in die Ebene gebracht, die senkrecht auf die Linsenachse durch den Brennpunkt geht, ohne dass er desshalb auch selbst schon durch den Brennpunkt gehen muss, von dem er vielmehr, in jeder Ebene, noch rechts oder links abstehen kann.

Wenn das äussere Rohr, welches die beiden Linsen umgibt, ein vollkommener Cylinder wäre, dessen Endflächen jene Linsen bilden, so dürfte man nur diesen Cylinder auf zwei Unterlagen so auflegen, dass die Mitte jenes Fadens irgend einen wohlbegrenzten terrestrischen Gegenstand scharf schneidet, dann den Cylinder um seine Achse drehen, und zusehen, ob dadurch dieser Durchschnitt des Gegenstandes durch den Faden sich nicht ändert.

Jene Röhre jedoch ist nicht vollkommen cylindrisch, und sie lässt sich auch nicht genau um ihre Achse drehen. Dafür lässt sich aber das ganze Instrument *ABCD* (Fig. 118) aus seinen Lagern bei *A* und *B* herausheben, und dann in verkehrter Lage wieder in diese Lager zurückbringen, so dass z. B. der Endpunkt *A* der Drehungsachse, der früher östlich lag, jetzt auf das westliche Lager *B* zu liegen kommt, und durch dieses Umlegen wird offenbar derselbe Zweck erreicht, als wenn man die cylindrische Röhre *CD* um ihre Achse, um die Hälfte der Peripherie eines Kreises gedreht hätte. Wenn daher die Mitte des Fadens vor und nach der Umlegung immer denselben Punkt des terrestrischen Gegenstandes trifft, so wird diess ein Zeichen sein, dass diese Mitte des Fadens mit dem Brennpunkte des Fernrohrs oder, was eigentlich gefordert wird, mit derjenigen optischen Achse zusammenfällt, welche senkrecht auf der Rotationsachse *AB* steht. Ist diess aber nicht der Fall, so wird man, nach der Umlegung, die Hälfte des bemerkten Fehlers durch diejenige Schraube verbessern, welche den oben erwähnten Fadenring in horizontaler Richtung hin und her bewegt. Da es nicht immer leicht ist, den beobachteten Fehler, besonders wenn er noch etwas bedeutend, genau zu halbiren, so wird man das angezeigte Verfahren öfter wiederholen, wodurch jener Fehler offenbar immer kleiner, und endlich ganz unmerklich werden muss.

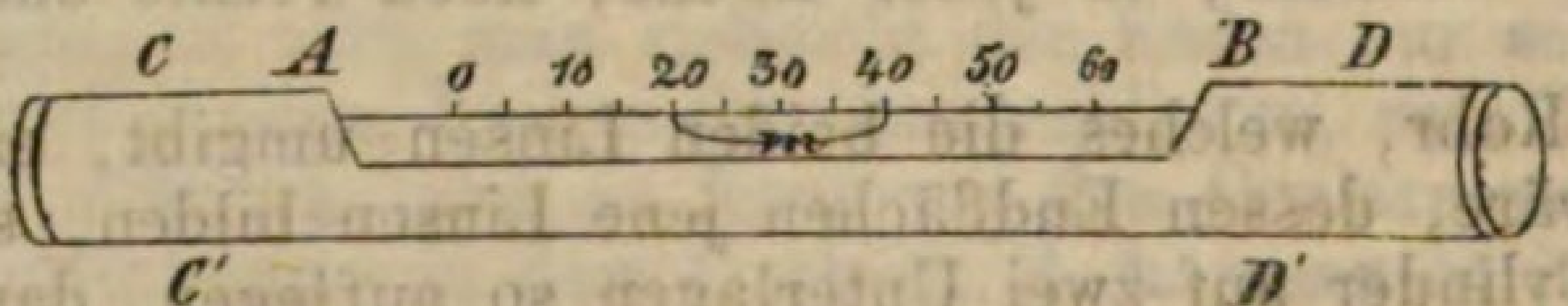
Die dritte oben erwähnte Korrection des Fadens werden wir später (§. 19) besprechen.

§. 18. (Rectifikation des Mittagsrohrs: Horizontalität der Drehungsachse.) Das bisher Gesagte trifft die gehörige Stellung des Fadens in dem Fernrohre, und indem man denselben, durch die erwähnten Operationen, in die Ebene des Brennpunktes, und in jene Achse der beiden Linsen, die man die Collimationslinie zu nennen pflegt, und die auf der Rotationsachse *AB* senkrecht steht, gelegt hat, ist eine Hauptbedingung für die Richtigkeit der mit dem Mittagsrohre anzustellenden Beobachtungen

erfüllt, da nur dann der Faden eine bestimmte Lage gegen das Bild behält und bei der Bewegung des Instrumentes um seine Drehungsachse einen grössten Kreis am Himmel beschreibt. Damit aber dieser Kreis zugleich ein Vertikal sei, muss die Achse horizontal sein.

Allein durch welche Mittel kann man diese Rotationsachse in eine solche, dem Horizonte parallele Lage bringen? — Das einfachste Mittel zu diesem Zwecke ist die Libelle, oder wie sie auch genannt wird, die Wasserwage. In der Höhlung der metallenen Röhre *CDC'D'* (Fig. 119) liegt eine gläserne, mit Weingeist nicht völlig gefüllte, an ihrer obersten Seite kreisförmig ausgeschliffene Röhre. Man sieht in der Zeichnung diese Glasröhre *AB*, durch die oben aufgeschnittene Metallröhre. Die Luftblase *m*, die den mit Weingeist nicht erfüllten Theil der Glasröhre einnimmt, wird, da sie

Fig. 119.



viel leichter als diese Flüssigkeit ist, ihrer Natur nach immer den höchsten Theil der Röhre oder des Kreisbogens *AB* einnehmen. Denkt man sich nun die Metallröhre entweder unten bei *C'* und *D'* mit Fussgestellen, um sie z. B. auf einen Tisch zu stellen, oder oben bei *C* und *D* mit zwei Haken versehen, um sie an irgend eine Achse (z. B. an die Drehungsachse *AB* Fig. 118 des Mittagsrohrs) zu hängen, so wird man mit Hülfe dieser Libelle in jenem Fall den Tisch und in diesem die Achse horizontal stellen können, wenn man noch bemerkt, dass eines jener Fussgestelle oder einer jener Haken so eingerichtet ist, dass er sich mittelst einer daran angebrachten Schraube etwas verlängern oder verkürzen lässt, und dass bei den sorgfältiger gearbeiteten Libellen der oberste Rand der Glasröhre in eine Anzahl gleicher, mit Zahlen versehener Theile getheilt ist, um dadurch den Ort der Blase genauer zu bestimmen.

Liegen die untersten Theile des Fussgestells oder die höchsten Theile der Haken, die eigentlichen Anhaltspunkte, bei horizontaler Stellung der Glasröhre ebenfalls in einer Horizontalen, in welchem Zustande man die Libelle rectificirt nennt, so dürfte man sie nur auf den Tisch stellen oder an jene Achse hängen, und Tisch oder Achse auf der einen Seite desselben so lange erhöhen oder erniedrigen, bis die Luftblase *m* der Libelle genau in der Mitte der Glasröhre steht. Allein gewöhnlich sind beide, Libelle und Tisch, oder Libelle und Achse, zugleich fehlerhaft. In diesem Falle wird man so verfahren:

Man hänge die Libelle *CD* (Fig. 119) an die Rotationsachse *AB* (Fig. 118) so auf, dass *C* auf der Seite von *A*, und *D* auf der Seite von *B* ist, und lese in diesem Stande der Libelle den Ort der Mitte der Luftblase. Gesetzt, diese Mitte stehe bei dem Theilstriche *a* der Glasröhre. — Dann hebe man die Libelle von der Achse ab, und hänge sie in verkehrter Richtung wieder an dieselbe, so dass jetzt der Theil *C* der Libelle nach *B*, und der Theil *D* nach *A* kommt, und lese hier wieder den Ort der Mitte der Blase, der z. B. bei dem Theilstriche *b* stehen soll. Wenn *a* von *b* verschieden ist, so ist diess ein Zeichen, dass die Rotationsachse *AB* nicht horizontal steht, und daher verbessert werden muss. Die Grösse dieser Verbesserung aber wird unmittelbar

durch diese beiden Zahlen a und b angegeben. Man wird nämlich in dieser zweiten Lage der Libelle den Endpunkt A oder B der Rotationsachse so weit erhöhen oder erniedrigen, bis der Mittelpunkt der Luftblase genau in der Mitte zwischen jenen zwei Zahlen a und b steht. Hätte man z. B. in der ersten Stellung der Libelle die Zahl 8, und in der zweiten die Zahl 12 gelesen, so wird man bei dieser zweiten Stellung der Libelle den einen Endpunkt der Rotationsachse so lange erhöhen, bis der Mittelpunkt der Luftblase bei dem Theilstriche 10 steht, und dann wird die Rotationsachse horizontal sein, weil die Libelle, in beiden Lagen derselben, immer dieselbe Zahl 10 zeigen wird. Dasselbe, was hier von der Rectifikation der Drehungsachse gesagt ist, lässt sich auch auf die Horizontalstellung des Tisches anwenden, wenn man das eben angezeigte Verfahren in zwei auf einander senkrechten Richtungen durchführt.

Dieses Verfahren ist zugleich das einfachste und das sicherste, weil dabei die oben erwähnten Schrauben, welche den Fuss oder den Haken der Libelle verlängern oder verkürzen sollen, gar nicht weiter berührt werden. Die Bewegung jener Schrauben soll nämlich, wo möglich, ganz vermieden werden, weil durch dieselbe das Gleichgewicht der einzelnen Theile gestört und eine Spannung in der metallenen Fassung erzeugt wird, die sich, bei den neuen und sehr empfindlichen Libellen, oft nur spät wieder herstellt.

Man sieht, dass man auf diese Weise eine Ebene oder eine Achse, selbst mittelst einer nicht rektificirten Libelle, horizontal stellen kann. Wenn aber der Fehler der Libelle, den man bei dem vorhergehenden Verfahren nicht weiter zu kennen braucht, zu gross ist, so wird die gefundene Zahl, die das Mittel aus den beiden gelesenen Zahlen ist, auch zu weit von der Mitte m der Eintheilung entfernt sein, wie diess in unserem Beispiele bereits der Fall ist, wo das gefundene Mittel oder die Zahl 10 um volle 20 Theilstriche von der Mitte der Eintheilung, die bei der Zahl 30 liegt, sich entfernt. Solche Fälle muss man vermeiden, weil die Krümmungen auch unserer besten Libellen, am Rande derselben, nur selten vollkommen kreisförmig sind, und weil am Ende jener Punkt so weit von der Mitte der Theilung wegrücken könnte, dass er unter die metallene Fassung AC der Röhre zu liegen käme, wo er gar nicht gesehen werden kann.

Sobald man also bemerkt, dass der Fehler der Libelle zu gross ist, so wird man ihn und zwar auf folgende Weise verbessern. — Man hänge sie mit ihrem Haken an die Rotationsachse. Ist dann die Luftblase nicht in der Mitte der Theilung, so ist entweder die Achse nicht horizontal, oder die Oberfläche der Libelle ist jener Achse nicht parallel, d. h. die Libelle ist nicht rektificirt, oder endlich, was gewöhnlich der Fall sein wird, beide, Achse und Libelle, sind fehlerhaft. Da man die Fehler eines jeden der beiden Instrumente nicht kennt, so ist es das Natürlichste, anzunehmen, dass diese Fehler einander gleich sein mögen. Man lasse daher den Mittelpunkt der Luftblase gegen den Mittelpunkt der Theilung halben Weg durch die Schraube A (Fig. 118) der Rotationsachse und die andere Hälfte des Weges durch die obenerwähnte Korrectionsschraube des Libellenhakens zurücklegen. Hat man durch beide Schrauben die Blase in die Mitte der Theilung gebracht, so kehre man die Libelle um, so dass ihr östlicher Arm jetzt auf die Westseite der Rotationsachse komme. Ist in dieser neuen Lage die Blase nicht in der

Mitte, so verbessere man wieder, wie zuvor, die eine Hälfte des Fehlers durch die eine, und die andere Hälfte durch die andere Schraube, und bringe sonach die Blase wieder in die Mitte der Theilung. Dann kehre man die Libelle neuerdings um, und wiederhole dieses Verfahren der halbgetheilten Korrection so lange, bis die Luftblase der Libelle, in ihren beiden entgegengesetzten Lagen, immer nahe in der Mitte der Theilung einspielt.

Durch dieses Verfahren wird, wie man sieht, die Drehungsachse und die Libelle zugleich rectificirt. Es wird übrigens nie nothwendig sein, dasselbe so weit fortzusetzen, bis der Mittelpunkt der Blase in beiden Lagen der Libelle genau auf den Mittelpunkt der Theilung fällt, da es, nach dem Vorhergehenden, schon hinreicht, wenn beide Mittelpunkte nur einander nahe genug gebracht werden. Wenn z. B. die Blase in der ersten Lage der Libelle 20, und in der zweiten Lage 26 zeigt, so wird man, nach dem zuvor gezeigten Verfahren, bloss durch die Schraube der Rotationsachse die Blase auf die Mitte jener zwei Zahlen oder auf die Zahl 23 bringen, und dadurch versichert sein, dass die so gestellte Rotationsachse auch genau horizontal ist, obschon die Libelle selbst noch nicht rectificirt ist, da sie, nach unserer Zeichnung (Fig. 119) nicht 23, sondern 30 zeigen sollte. Will man auch die Libelle noch rectificiren, so wird man, mittelst ihrer Korrectionsschraube, den einen Haken derselben so viel verlängern oder verkürzen, dass der Mittelpunkt der Blase um sieben Theilstriche, von 23 auf 30, fortgehe. Bemerken wir noch, dass es öfter nothwendig ist, den Werth eines jener gleichen Theilstriche in Sekunden zu kennen. Zu diesem Zwecke wird man die Libelle an irgend ein Höhen messendes Instrument z. B. an einen Quadranten befestigen, und nun Instrument und Libelle so bewegen, dass z. B. der Mittelpunkt der Blase 30 Theilstriche der Libelle durchläuft, während das Instrument seine Höhe um 20 Sekunden geändert hat, woraus folgt, dass ein Theilstrich der Libelle $^2/_3$ Sekunden gleich kommt. Muss man also die Achse A des Mittagsrohrs, bei der Rectifikation derselben, z. B. um 12 Theilstriche der Libelle erheben, so weiss man, dass diese Erhebung 8 Sekunden beträgt.

§. 19. (Rectifikation des Mittagsrohrs: Stellung im Meridian.) Nachdem so die Drehungsachse des Mittagsrohrs genau horizontal gestellt ist, wird das Fernrohr (oder vielmehr die Collimationslinie desselben, die nach dem Vorhergehenden [§. 17] senkrecht auf jener Rotationsachse steht) wenn dasselbe um jene Achse gedreht wird, einen Vertikalkreis beschreiben, oder es wird in einer auf dem Horizont senkrechten Ebene auf und nieder gehen — es erübrigt nun noch dafür zu sorgen, dass dieser Vertikalkreis der Meridian sei, in dessen Ebene das Instrument sich ja bewegen soll. Es wird zwar leicht sein, dieses Fernrohr so zu stellen, dass es dem Meridian schon nahe steht, wozu man sich z. B. der Kulmination der Sonne oder irgend eines andern Gestirns, dessen Rectascension man kennt, bedienen kann, wenn man zuerst den Gang seiner Uhr durch korrespondirende Höhen oder auf irgend eine andere Art (§. 7) bestimmt hat. Allein es handelt sich hier um eine ganz genaue Stellung des Mittagsrohrs, weil dasselbe seines soliden und einfachen Baues und seiner ganzen Bestimmung wegen die Zeit sowohl als auch die zu beobachtenden Rectascensionen besser und vollkommener geben

soll, als es durch irgend eines der anderen, zu diesem Zwecke minder geeigneten Instrumente möglich ist.

Bemerken wir zuerst, dass man jetzt, wo die Kollimationslinie des Fernrohrs bereits einen Vertikalkreis beschreibt, zugleich ein leichtes Mittel erhalten hat, den oben in dem Brennpunkte der beiden Linsen senkrecht auf die Achse derselben gespannten Faden, vollkommen vertikal oder zu dem Horizonte senkrecht zu stellen: man darf nämlich nur diesen Faden, indem man das Fernrohr sanft auf- und abwärts bewegt, an irgend einem wohl begrenzten terrestrischen Objekte auf- und niederlaufen lassen. Wenn bei dieser Bewegung des Fernrohrs der Faden nicht immer genau durch denselben Punkt des Objekts geht, so dreht man den oben erwähnten Fadenring mit einer eigens dazu bestimmten Schraube so lange, in seiner eigenen Ebene, um seinen Mittelpunkt, bis er jener Forderung genügt, wo er dann vertikal steht. Gewöhnlich spannt man zu beiden Seiten dieses mittleren Fadens noch einen oder auch mehrere mit jenem parallele und unter sich gleichweit entfernte Fäden auf, um die Beobachtungen der Durchgänge der Sterne zu vervielfältigen. Man kann ihren Parallelismus prüfen, wenn man einen Stern durch die oberen und durch die unteren Endpunkte dieser Fäden durchgehen lässt, und zusieht, ob die Zeitintervalle für jedes Fädenpaar aus jenen beiden Beobachtungen genau dieselben sind. Diess gibt zugleich ein einfaches Mittel, die Entfernung dieser Seitenfäden von dem mittleren oder von dem Hauptfaden zu bestimmen. Beträgt z. B. die Zeit, die ein Stern von bekannter Deklination braucht, von einem dieser Nebenfäden zu dem mittleren zu gelangen, 100^s Sternzeit, so wird man nur diese 100^s durch den Cosinus der Deklination des Sterns multipliciren, um das gesuchte Intervall der beiden Fäden in Sternzeit zu erhalten. Ist z. B. diese Deklination gleich 80^0, so hat man, da der Cosinus von 80^0 gleich 0.1736 ist, $17^s.36$ Sternzeit für das gesuchte Intervall der beiden Fäden, das daher im Raume oder in Bogensekunden ausgedrückt, 15mal grösser oder gleich $260''.4$ Bogen ist. Beobachtet man dann einen andern Stern, dessen Deklination z. B. 40^0 beträgt, wovon der Cosinus 0.7660 ist, an diesem Seitenfaden, so wird er jenes Intervall in einer Zeit durchlaufen, die gleich 17.36 dividirt durch den Cosinus seiner Deklination, d. h. die gleich $22^s.663$ Sternzeit ist, so dass man daher zu der Beobachtungszeit an diesem Seitenfaden nur $22^s.663$ addiren, oder je nach der Lage des Fadens gegen die Bewegung des Sternes, davon subtrahiren darf, um sofort die Zeit zu erhalten, wann dieser Stern durch den mittleren oder durch den Hauptfaden gegangen ist. Noch wollen wir bemerken, dass man dieser Reihe von senkrechten, unter sich parallelen Fäden gewöhnlich noch einen anderen darauf senkrechten oder nahe horizontalen hinzufügt, der dazu dient, die zu beobachtenden Sterne alle nahe durch dieselben Punkte der andern vertikalen Fäden, also in der Nähe dieses horizontalen, durchgehen zu lassen, wonach es nicht mehr nöthig ist, die vertikalen unter sich ganz genau parallel einzuspannen, was nur schwer oder gar nicht erreicht werden kann.

Um nun noch die Kollimationslinie, d. h. den vertikalen Hauptfaden des Mittagsrohrs in die Ebene des Meridians zu bringen, wird man am besten einen dem Nordpole des Aequators nahen Stern in seiner obern sowohl, als auch in seiner unteren Kulmination an dem Mittags-

rohre beobachten. Geht die Uhr bereits sehr nahe nach Sternzeit, so beobachte man die Uhrzeit der zwei Augenblicke, wo z. B. der Polarstern in seiner oberen und unteren Kulmination ist, und subtrahire von der letzten Zeit 12 Stunden. Die halbe Differenz der so erhaltenen zwei Zeiten dividirt man dann durch den Cosinus der Polhöhe und durch die Tangente der Deklination des Sterns: was herauskommt, ist die gesuchte Abweichung des Rohrs von dem Meridian oder ist das gesuchte Azimuth (Einl. §. 20). Um diess durch ein Beispiel zu erläutern, nehmen wir an, man hätte in Wien für die obere Kulmination des Polarsterns $0^h\ 58^m\ 20^s$, und für die untere $12^h\ 58^m\ 50^s$ gefunden, so ist jene Differenz 30, also ihre Hälfte 15^s. Die Deklination des Polarsterns sei $88^0\ 10'$ und die Polhöhe Wiens ist $48^0\ 12'.6$. Von jenem Winkel ist die Tangente 31.2416 und von diesem der Cosinus 0.6664, also beträgt das Azimuth des Fernrohrs $0^s.72$ Zeit, und zwar gegen Ost, da jene Differenz positiv ist. Man wird daher in diesem Falle das Fernrohr oder vielmehr die Drehungsachse ***AB*** desselben mittelst der bereits erwähnten Schraube bei der Unterlage ***B*** dieser Achse, um $0^s.72$ westlicher stellen, um die Kollimationslinie in die Ebene des Meridians zu bringen. Die Beobachtungen der nächstfolgenden Tage werden zeigen, ob man diese Zurechtstellung des Fernrohrs ganz genau vorgenommen hat. Diess wird nämlich der Fall sein, wenn die erwähnte Differenz der beiden Sternzeiten genau gleich Null ist.

Diess sind die wesentlichsten Korrectionen des Mittagsrohrs, die man mit aller Sorgfalt vornehmen muss, ehe man an die eigentlichen Beobachtungen mit diesem Instrumente geht. Da es schwer ist, diese drei Fehler, der auf die Drehungsachse senkrechten Stellung der Collimationslinie, der Horizontalität der Drehungsachse und des Azimuths des Fernrohrs, durch blosse mechanische Mittel, wie Schrauben, Libellen und dergleichen sind, völlig wegzubringen, und da sich auch diese Fehler durch äussere Einwirkungen auf das Instrument häufig ändern, so ziehen es die neueren Beobachter vor, diese Fehler durch jene Mittel überhaupt nur so klein als möglich zu machen, und dann den Rest derselben oder vielmehr die Wirkung dieser Reste auf die künftigen Beobachtungen in Rechnung zu bringen, ein Verfahren, das viel genauer ist, als jenes, das sich aber hier ohne Umständlichkeit nicht gut vortragen lässt.

§. 20. (Andere Korrectionen des Mittagsrohrs.) Allein es gibt bei diesem Instrumente noch andere Fehler, auf die ein genauer Beobachter ebenfalls Rücksicht nehmen soll. Man sieht z. B. ohne unsere Erinnerung, dass der Künstler, welcher solche Instrumente verfertigt, die Endpunkte ***A*** und ***B*** der Drehungsachse, mit welchen diese Achse eigentlich auf ihren Lagern aufliegt, mit der grössten Sorgfalt ausarbeiten muss. Diese Endtheile der Achse sind Cylinder mit kreisförmiger Basis. Wenn nun diese Basis bei dem einen oder dem anderen Endpunkte der Achse kein vollkommener Kreis, sondern z. B. eine Ellipse wäre, oder wenn sie auch beide Kreise, aber von verschiedenem Durchmesser wären, oder wenn beide Cylinder einander nicht genau gegenüberstünden u. s. w., so würden diese Unvollkommenheiten der mechanischen Ausführung, die doch der Künstler nicht wohl gänzlich vermeiden kann, eben so viele Fehlerquellen sein, auf welche der Beobachter, da er sie nicht, wie jene drei, wegschaffen oder doch so viel möglich vermindern kann, bei den

Berechnungen seiner Beobachtungen Rücksicht nehmen muss. Schwerer noch ist es, diejenigen Fehler zu bestimmen, die von der Wirkung der Schwere auf das Fernrohr in den verschiedenen Lagen desselben gegen den Horizont kommen, so wie jene, welche z. B. bei Sonnenbeobachtungen die Temperatur in den verschiedenen Theilen des Instrumentes erzeugt. Um diese letzten Fehler wenigstens so viel möglich zu vermeiden, hat man eigene Beschirmungen, welche nicht nur das Instrument, sondern auch die beiden Pfeiler *P* und *Q* in Schatten stellen, so dass nur das Objektiv *D* des Fernrohrs den Sonnenstrahlen bloss gegeben wird. Man hat gefunden, dass der Mangel dieser Beschirmung des Instruments oft sehr grosse Fehler erzeugt. Selbst der oben erwähnte Ring im Innern des Fernrohrs, welcher die Fäden trägt, ist einer solchen Verstellung durch die Sonnenstrahlen ausgesetzt, wenn dieselben vor der Beobachtung den westlichen, und nach derselben den östlichen Rand des Ringes bescheinen, daher man vor diesen Ring einen zweiten anzubringen pflegt, welcher den ersten vor der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen beschützen soll.

Noch muss erwähnt werden, dass man für diese, so wie überhaupt für alle in dem Meridian aufgestellte Instrumente, in angemessenen Entfernungen von z. B. einer Viertelmeile im Nord und Süd eigene Meridianzeichen aufzustellen pflegt, Säulen oder Pfeiler, die in ihren höchsten Theilen mit einer eingetheilten Scale versehen sind, deren Theile sich durch das Fernrohr gut lesen lassen, und durch deren Hülfe man nicht nur die Richtung des Meridians sehr genau bestimmen, sondern auch das Fernrohr leicht wieder darauf zurückführen kann, wenn es sich durch irgend einen Zufall davon entfernt hat. Bequemer zu diesem Zwecke sind kleine, an der Mauer horizontal befestigte Fernröhre, sogenannte Kollimatoren (§. 35).

§. 21. (Beobachtungen mit dem Mittagsrohre.) Durch alle diese und manche andere Rücksichten ist man dahin gekommen, mit solchen Instrumenten die Korrection der Uhr, d. h. die Zeitbestimmung sowohl, als auch die Bestimmung der Rectascension der Gestirne bis auf Zehntheile einer Zeitsekunde, ja noch genauer zu erhalten.

Wir wollen nur noch kurz anzeigen, auf welche Weise man mit dem Mittagsrohre jene beiden Beobachtungen anzustellen pflegt, vorausgesetzt, dass man die Fehler desselben durch die vorhergehenden Verfahren bereits weggebracht hat.

Zuerst also dient dieses Instrument zur Bestimmung der Zeit, d. h. zur Berichtigung der Uhr, die man bei allen folgenden Beobachtungen braucht. Es ist bereits früher (*I.* §. 158) gesagt worden, dass man auf Sternwarten die Uhren gewöhnlich nach Sternzeit gehen lässt, so dass sie zwischen zwei nächsten Mittagen oder zwischen zwei nächsten Kulminationen der Sonne, nicht 24^h, sondern nahe $24^h\ 3^m\ 56^s$ geben, wobei vorausgesetzt wird, dass eine solche Uhr vor allem gleichförmig gehe, d. h. dass sie im Laufe mehrerer Tage gegen die richtige Sternzeit täglich oder stündlich um dieselbe Grösse zu- oder abnehme.

Um nun für jeden Augenblick diese Abweichung der Uhr von der wahren Sternzeit zu finden, wird man das Mittagsrohr, mittelst des Index *Ao* des Kreises *mn* nahe auf die mittägige Höhe eines Fixsterns stellen, dessen Rectascension für diesen Augenblick man genau kennt. Es sei dieser Stern Aldebaran oder *α* im Stier, dessen Rectascension

$4^h\ 26^m\ 25^s.3$ sein soll. Da die Uhr, etwa bis auf eine Minute, schon nach den früheren Beobachtungen berichtigt ist, so wird man einige Zeit ehe die Uhr $4^h\ 26^m$ zeigt, an das Instrument gehen, um dasselbe auf den gewählten Fixstern zu stellen, und dann abwarten, bis der Stern in das Feld des Fernrohrs tritt. Gesetzt, dasselbe sei mit drei, von einander gleich weit entfernten senkrechten Fäden versehen, deren mittlerer im Meridian stehe, und man habe die Uhrzeiten des Durchgangs des Sterns durch diese Fäden gefunden, wie folgt:

Durch den ersten Faden, Uhrzeit	4^h	26^m	$54^s.2$
mittleren	4	27	39.3
dritten	4	28	23.8

Addirt man diese drei Zeiten und dividirt die so erhaltene Summe durch 3, d. h. nimmt man das Mittel aus diesen drei Beobachtungen, so erhält man

$$4^h\ 27^m\ 39^s.1$$

für die Uhrzeit desjenigen Augenblicks, wann der Stern durch den Meridian ging. Allein die wahre Sternzeit dieses Augenblicks ist bekanntlich (*I.* §. 158) gleich der Rectascension desselben oder

$$4^h\ 26^m\ 25^s.3$$

Die Differenz dieser beiden Zeiten ist $1^m\ 13^s.8$, also geht auch die Uhr um die Zeit, wo sie $4^h\ 28^m$ zeigte, um $1^m\ 13^s.8$ gegen Sternzeit voraus, oder sie geht um $1^m\ 13^s.8$ zu früh.

Ebenso hätte man an demselben Tage durch eine andere Beobachtung, z. B. von Wega oder α der Leier, deren Rectascension $18^h\ 31^m\ 19^s.2$ sei, gefunden, dass die Uhr zu dieser Uhrzeit um $1^m\ 14^s.2$ gegen Sternzeit voraus ist, woraus folgt, dass sie in 14 Stunden 5 Minuten Uhrzeit um $0^s.4$ gegen Sternzeit vorausgeht, so dass sie also, wenn man ihren Gang gleichförmig annimmt, in jeder Stunde um $0^s.028$ gegen Sternzeit vorauseilt. Aus mehreren solchen Beobachtungen wird man das Mittel nehmen, und so den Stand und Gang der Uhr gegen die grosse Himmelsuhr oder gegen Sternzeit mit aller nur wünschenswerthen Schärfe bestimmen können (s. oben §. 7).

Um nun auch, nachdem der Zustand der Uhr vollkommen bekannt ist, die Rectascensionen solcher Gestirne, deren Ort am Himmel man noch nicht kennt, durch das Mittagsrohr zu bestimmen, wird man kurz vor der Kulmination desselben das Fernrohr auf dieses Gestirn stellen, und wieder die Uhrzeiten der Durchgänge desselben durch die drei Fäden bemerken. Gesetzt, man habe an demselben Tage von irgend einem Planeten beobachtet

am ersten Faden die Uhrzeit	10^h	43^m	$16^s.2$
mittleren	10	44	20.4
dritten	10	45	24.3

Das Mittel dieser drei Zahlen ist $10^h\ 44^m\ 20^s.3$, und diess ist also auch zugleich die Uhrzeit der Kulmination des Planeten. Allein die Uhr ging um $4^h\ 27^m$ Uhrzeit bereits um $1^m\ 13^s.8$ gegen Sternzeit voraus und accelerirt in jeder Stunde um $0^s.028$, also ging sie zur Zeit der Beobachtung des Planeten um $1^m\ 13^s.98$ gegen Sternzeit voraus, oder der Planet kulminirte, wie aus dieser Beobachtung und aus dem bereits bekannten Fehler der Uhr folgt, um $10^h\ 43^m\ 6^s.32$ Sternzeit, und diess ist daher auch (*I.* §. 158) die gesuchte Rectascension des Planeten.

Das Vorhergehende wird hinreichen, die Einrichtung und den Ge-

brauch des Mittagsrohrs jedem Leser deutlich zu machen. Wir haben uns absichtlich etwas umständlicher darüber verbreitet, da das Instrument eines der wichtigsten der neueren Astronomie ist, und da das, was hier von ihm gesagt worden ist, sich mit einigen Aenderungen auch auf andere Meridianinstrumente anwenden lässt.

In unseren Tagen hat das Mittagsrohr übrigens noch weitere Bedeutung durch den Gebrauch desselben zur Bestimmung der geographischen Breite etc. erhalten, den schon sein Erfinder Olaus Römer im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts vorgeschlagen, dessen Vorzüge aber erst durch Bessel zu allgemeiner Anerkennung gebracht wurden. Stellt man nämlich dieses Instrument so auf, dass seine Achse im Meridiane liegt, und das Fernrohr sich im ersten Vertikale, d. h. in dem durch den Ost- und Westpunkt gehenden Höhenkreise bewegt, so wird man damit die Durchgänge von Sternen durch diesen ersten Vertikal beobachten können, die z. B. für unsere Hemisphäre südlich vom Zenithe kulminiren. Die Zeitintervalle zwischen je zwei Durchgängen eines und desselben Sternes werden wieder für unsere Hemisphäre offenbar desto grösser sein, je näher der Beobachtungsort dem Nordpole liegt und umgekehrt; man wird also aus der Grösse jenes Intervalles auf die Polhöhe des Beobachtungsortes schliessen können. Ohne hier auf eine nähere Erörterung einzugehen, bemerken wir nur noch, dass diese Methode besonders dort, wo es sich um Differenz der Polhöhen zweier Orte handelt, wie bei Meridiangradmessungen ausserordentliche Vortheile bietet.

§. 22. (Zeitbestimmung bloss durch Hülfe eines einfachen Fernrohrs.) Da eine genauere Kenntniss der Zeit nicht bloss dem Astronomen nothwendig, sondern auch jedem Anderen willkommen ist, dessen Geschäfte auf irgend eine Art genau an die Zeit gebunden sind, so wollen wir hier einige Mittel zu diesem Zwecke mittheilen, von welchen man mehrere selbst ohne alle eigentliche Instrumente anwenden kann.

Das einfachste unter allen ist ohne Zweifel der Gnomon, von welchem wir schon oben (*I.* §. 49) gesprochen haben, und der seiner ursprünglichen Form nach in einem geradlinigen, auf horizontalem Boden senkrecht aufgestellten Stabe besteht. Diese Lage des Stabes oder der Stange wird man leicht mittelst eines Bleilothes erhalten. Wird ein solcher Stab den Sonnenstrahlen ausgesetzt, so bemerkt man, dass der Schatten desselben auf der horizontalen Ebene um den Stab herumgeht, und dass er immer kürzer wird, je näher die Sonne an dem Meridian, oder je näher die Zeit dem Mittage ist. In gleichen Entfernungen von dem Mittage, z. B. drei oder vier Stunden vor und nach dem Mittage eines gegebenen Tages, hat dieser Schatten gleiche Länge und steht auch, zu beiden Seiten des Meridians, gleichweit von ihm ab, so dass also dieser Schatten vor und nach dem Mittage mit der Mittagslinie (Einl. §. 15) gleiche Winkel macht.

Diese wenigen Bemerkungen reichen hin, eine Sonnenuhr der einfachsten Art zu konstruiren. Man ziehe nämlich aus dem Fusspunkte der Stange, wo sie den Boden berührt, als aus einem Mittelpunkte, mittelst einer daselbst befestigten Schnur mehrere koncentrische Kreise von verschiedenen Halbmessern, und bemerke in der Peripherie eines jeden Kreises diejenigen zwei Punkte, die vor und nach dem Mittag von dem Endpunkte des Schattens getroffen werden. Theilt man dann in jedem

Kreise den zwischen diesen beiden Punkten enthaltenen Bogen in zwei gleiche Theile und vereiniget die so gefundene Mitte des Bogens mit dem Fusspunkte der Stange durch eine auf dem horizontalen Boden gezogene gerade Linie, so wird diese die Mittagslinie sein, und so oft in künftigen Tagen der Schatten der vertikalen Stange auf diese Mittagslinie fällt, wird dieser Augenblick den des wahren Mittags an diesem Tage bezeichnen. Eigentlich wird, wie man sieht, schon ein einziger jener Kreise zu diesem Zwecke genügen, auch sind die anderen nur gezogen worden, um dadurch den Versuch wiederholen und sich von der Genauigkeit der Ausführung überzeugen zu können. Die verschiedenen Mittagslinien, die jeder dieser Kreise gibt, sollen nämlich alle auf eine und dieselbe Gerade fallen, und wenn, wie diess gewöhnlich der Fall ist, da sich das Schattenende der Stange nicht ganz genau beobachten lässt, wenn diese Mittagslinien unter einander etwas abweichen sollten, so wird man unter ihnen das Mittel nehmen. Am sichersten wird man solche Bestimmungen zur Zeit der Solstitien (Einl. §. 22) vornehmen, weil da die Deklination der Sonne sich am wenigsten ändert.

Dadurch sind wir also in den Stand gesetzt, jeden Tag wenigstens den Augenblick des wahren Mittags genau anzugeben. Allein die anderen Stunden des Tages sind uns noch unbekannt. Wir wollen daher sehen, wie man auch zur Kenntniss dieser letzteren gelangen kann.

Wir setzen dabei voraus, dass man eine gute, d. h. eine gleichförmig gehende Uhr habe. Eine solche Uhr mag immerhin täglich um eine beträchtliche Zeit, z. B. um eine ganze Minute, vor der richtigen Zeit vorausgehen oder hinter ihr zurückbleiben, wenn sie nur im Laufe eines jeden Tages um dieselbe Grösse von der Wahrheit abweicht. Unsere vorhergehenden einfachen Beobachtungen an der vertikalen Stange werden uns bald von der Brauchbarkeit der Uhr überzeugen, wenn man an dieser Stange mehrere Tage nach einander den Augenblick des wahren Mittags an der Uhr beobachtet und dabei auf die Zeitgleichung (*I.* §. 155) Rücksicht nimmt.

Gesetzt, man hätte folgende Uhrzeiten des wahren Mittags gefunden, denen wir sogleich die mittlere Zeit dieser Mittage hinzusetzen:

	Uhrzeit.	Mittlere Zeit.	Differenz.
am 5. Juli	12^h 2^m 24^s	12^h 4^m 6^s	1^m 42^s
7.	12 1 35	12 4 25	2 50
10.	12 0 24	12 4 54	4 30
20.	11 55 41	12 5 54	10 13

Aus diesen Beobachtungen folgt, dass die Uhr am 5. Juli im wahren Mittag gegen die mittlere Zeit um 1^m 42^s, und am 20. Juli schon um 10^m 13^s zu spät ging. Diese Uhr scheint also, wie man gewöhnlich urtheilen hört, schlecht zu gehen, da sie in 15 Tagen um volle 8^m 31^s retardirte, also in einem Monate von 30 Tagen um 17^m 2^s oder mehr als eine Viertelstunde zu spät gehen wird. Allein wenn man den Gang dieser Uhr zwischen den einzelnen Beobachtungstagen näher betrachtet, so findet man, dass sie im Gegentheil eine gute Uhr ist. In der That, während der beiden ersten Tage blieb sie um 1^m 8^s, also täglich um 34^s zurück. In den drei Tagen vom 7. bis zum 10. Juli blieb sie 1^m 40^s, also täglich 33.3^s zurück. In den zehn letzten Tagen endlich, vom 10. bis zum 20. Juli, blieb sie 5^m 43^s, also täglich zurück. Ihre tägliche Retardation gegen mittlere Zeit ist daher

aus der ersten Vergleichung $34^s.0$
zweiten » 33.3
dritten » 34.3

und da die drei letzten Zahlen so wenig unter einander verschieden sind, so kann man den Gang der Uhr während dieser 15 Tage als gleichförmig, nämlich ihre tägliche Retardation im Mittel gleich $33^s.87$ annehmen. Diese Uhr aber ist eine sehr gute, denn mit der einzigen Bedingung des gleichförmigen Ganges ist der Zweck einer Uhr, nämlich durch eine einfache Rechnung (§. 21) für jeden gegebenen Augenblick die richtige Zeit zu finden, völlig erreicht.

Eine solche Uhr vorausgesetzt, beobachte man nun an einem vor dem Fenster in ziemlicher Entfernung stehenden Thurme oder höheren Hause, mittelst eines Fernrohres von nur schwacher Vergrösserung die vorüberziehenden Fixsterne, wie sie nach einander von der Mauer bedeckt werden und hinter ihr verschwinden. Wenn diese Mauer weit genug, etwa einige hundert Klafter, von dem Auge des Beobachters entfernt ist, so haben diese Verschwindungen der Sterne augenblicklich statt und können daher mit vieler Schärfe beobachtet werden. Ein Fixstern, dessen Deklination ungeändert bleibt, wird offenbar alle Tage des Jahres um dieselbe Sternzeit hinter der Mauer zu verschwinden scheinen, wenn anders das Auge des Beobachters immer dieselbe Lage beibehält. Man darf also diese Sternzeit nur einmal genau bestimmen, um durch die beobachtete Verschwindung des Sterns auch für jeden anderen Tag sofort den Fehler seiner Uhr gegen Sternzeit zu finden.

Dabei wird, wie gesagt, bloss vorausgesetzt, dass das Auge des Beobachters immer denselben Ort unverändert beibehalte. Allein dieser Forderung wird man sehr leicht genügen, wenn man z. B. an seinem Fensterstocke einen grösseren festen Nagel schief gegen den Horizont so einschlägt, dass das Fernrohr, während der Beobachtung, in den Winkel, welchen der Nagel mit den Fensterbalken bildet, frei herabsinkt. In dieser Lage richtet man dann das Fernrohr auf den Thurm so, dass das Auge die bekannte Stelle des Thurms, wo das Verschwinden des Sterns statthaben soll, in der Mitte des Feldes erblickt.

Man sieht ohne unsere Erinnerung, dass es zu solchen Beobachtungen am bequemsten ist, seine Uhr nach Sternzeit gehen zu lassen, wie diess ja überhaupt auf allen Sternwarten bereits eingeführt ist (vergl. *I.* §. 158). Allein da wir nun einmal daran gewöhnt sind, unsere Uhren nach mittlerer Sonnenzeit gehen zu lassen, so können wir auch hier diese Einrichtung beibehalten, wenn wir nur bemerken, dass (s. a. O.) die mittlere Zeit der Verschwindung des Sterns hinter dem Thurme jeden Tag um $3^m\ 55^s.9$ früher statthat, als an dem vorhergehenden Tage. Auch mag man bemerken, dass der gewählte Stern, der am ersten Tage zu einer für diese Beobachtungen bequemen und geschickten Abendstunde verschwindet, immer früher am Tage zu dem Thurme kommen und daher am Ende durch das vielleicht nur schwache Fernrohr ganz unsichtbar werden wird. Diese Acceleration, die, nach dem Gesagten, täglich $3^m\ 55^s.9$ beträgt, wird nach einem Monate nahe auf zwei, und nach einem halben Jahre auf zwölf Stunden steigen. Allein diesem Umstande lässt sich leicht begegnen, wenn man gleich die ersten Nächte nicht bloss einen, sondern mehrere Sterne beobachtet, deren Verschwindungen eine oder eine halbe Stunde von einander entfernt sind.

Wenn dann später auch die letzten dieser Sterne schon zu nahe an den Tag fallen, so verbinde man mit ihnen wieder andere auf dieselbe Weise, in einem Jahre z. B. 50 Sterne, so dass jeden Tag im ganzen Jahre wenigstens einer derselben zu bequemer Stunde beobachtet werden kann.

Diese Methode ist so einfach, dass es kaum nöthig sein wird, sie durch ein Beispiel zu erläutern. Gesetzt, man habe an irgend einem Tage auf irgend eine Weise gefunden, dass die Uhr um 2^m 40^s gegen mittlere Zeit zu spät gehe. An demselben Tage beobachte man auf die eben angezeigte Art die Verschwindung eines Sterns, die z. B. in dem Augenblicke statthatte, als die Uhr 8^h 45^m 36^s gab. Weil aber diese Uhr um 2^m 40^s zu spät geht, so ist die mittlere Zeit der Verschwindung des Sterns 8^h 48^m 16^s.

Da derselbe Stern jeden folgenden Tag um 3^m $55^s.9$ früher verschwindet, so wird er am zweiten Tag um 8^h 44^m $20^s.1$, am dritten um 8^h 40^m $24^s.2$ mittlere Zeit verschwinden. Hat man nun diese folgenden Verschwindungen ebenfalls beobachtet und z. B. gefunden, dass die des zweiten Tags um 8^h 41^m 46^s und die des dritten um 8^h 37^m 56^s Uhrzeit statthatte, so findet man die Korrectionen der Uhr für diese drei Tage auf folgende einfache Weise.

	Tag I.	Tag II.	Tag III.
Mittlere Zeit	8^h 48^m $16^s.0$	8^h 44^m $20^s.1$	8^h 40^m $24^s.2$
Uhrzeit	8 45 36.0	8 41 46.0	8 37 56.0
Verspätung der Uhr	2 40.0	2 34.1	2 28.2

so dass man also jeden Tag den Fehler der Uhr und zugleich ihren täglichen Gang erhält, der in unserem Beispiele $5^s.9$ beträgt, um welche die Uhr jeden Tag gegen mittlere Zeit vorausgeht oder accelerirt. Die Uebereinstimmung des täglichen Ganges aus jedem Beobachtungspaare gibt zugleich einen Beweis von dem guten Gange der Uhr.

Wenn man bedenkt, wie einfach diese Beobachtungen sind und mit welcher grossen Schärfe sie sich anstellen lassen, so muss man sich wundern, dass diese Methode, selbst ausser dem eigentlich wissenschaftlichen Leben, nicht überall eingeführt ist, wo man einer genauen Zeitbestimmung bedarf. Unsere Uhrmacher z. B. werden nie einen höheren Grad ihrer Kunst erreichen und mit den Chronometermachern Englands und Frankreichs, deren jeder eine kleine Privatsternwarte in seinem Hause hat, nie rivalisiren können, so lange sie nicht genau wissen, ob die von ihnen verfertigten Uhren einen regelmässigen Gang haben. Welches Mittel haben sie nun, dieses zu erkennen, wenn sie Astronomen nicht fragen können oder wollen? — sogenannte Probeuhren oder Regulatoren, von welchen sie einstweilen voraussetzen, dass sie gut sind. Aber was berechtigt sie zu dieser Voraussetzung? Einige bedienen sich zu diesem Zwecke sogar der Sonnenuhren, die sie sich auf der Wand ihres Hauses von irgend einem darin vielleicht sehr unerfahrenen Menschen aufzeichnen lassen, ohne zu bedenken, dass noch nie eine solche Uhr verzeichnet worden ist, durch welche man die Zeit auch nur auf einige Sekunden genau erhalten kann.

§. 23. (Zeitbestimmung selbst ohne Fernrohr.) Da eine wenigstens genäherte Kenntniss der Zeit selbst im bürgerlichen Leben so nothwendig ist, und da nicht Jedermann sich die Instrumente oder das Fernrohr dazu

verschaffen kann, so wird es wünschenswerth sein, denselben Zweck auf eine noch einfachere Weise zu erreichen.

Der oben erwähnte Gnomon, eine vertikale Stange auf horizontalem Boden, ist zwar einfach genug, und dessen Anschaffung in Jedermanns Bereiche. Allein die Aufstellung im Freien setzt diese Vorrichtung zu vielen Veränderungen durch Wind, Witterung, Störungen durch Menschen und Thiere aus, als dass sie für längere Zeit mit Sicherheit gebraucht werden könnte. Für einen oder einige Tage aber lässt sie sich ohne Mühe und Kosten errichten, um dadurch den Stand und Gang einer Uhr für diese wenigen Tage kennen zu lernen und dann, mit Hülfe einer solchen Uhr, andere Mittel zur künftigen, dauernden Zeitbestimmung in Bewegung zu setzen, wie wir diess soeben in Beziehung auf die Sternverschwindungen gethan haben, und wie wir es auch hier, in Beziehung auf eine andere Methode der Zeitbestimmung, wieder thun wollen.

Setzen wir also, um die Sache anfangs so einfach als möglich vorzutragen, voraus, dass man in seiner Wohnung ein Fenster habe, dessen Richtung wenigstens nahe nach Süden gehe, so dass dasselbe von der Sonne im Mittag beschienen werde. An dem obersten Theile desselben, zwischen den beiden Glasfenstern, befestige man eine Schnur auf eine unveränderliche oder doch immer wieder leicht und sicher zu findende Weise. Diese Schnur, die nahe so lang, als das Fenster hoch ist, trage an ihrem unteren Ende ein Gewicht, schwer genug, die Schnur straff zu spannen. Die Schwankungen der Schnur durch Luftzug der beiden Fenster zu vermeiden oder doch zu mindern, kann man das Gewicht in einer mit Wasser gefüllten Schale schweben lassen.

Hat man die Dicke der Schnur stark genug gewählt, um den Schatten derselben, wenn sie von der Sonne beschienen wird, entweder auf dem Fussboden oder auch an einer der Wände des Zimmers gut zu sehen, so wird man bemerken, dass dieser Schatten sich um so schneller bewegt, je weiter er von der Schnur entfernt ist, und solche, von der gegenüberliegenden Wand thunlichst weit abstehende Fenster wird man daher zu unserem Zwecke vorzugsweise auswählen, weil man im Allgemeinen die Zeit durch diesen Schatten desto genauer bestimmen kann, je schneller sich dieser Schatten bewegt, wenn er zugleich so deutlich und scharf begrenzt als möglich gesehen wird.

Kennt man nun mit Hülfe des erwähnten Gnomons oder mittelst einer regulirten Uhr, an irgend einem hellen Tage den Augenblick des wahren Mittags genau, so wird man, in diesem Augenblick, den Ort des Schnurschattens auf dem Boden oder an der Wand des Zimmers durch eine gerade Linie verzeichnen, und sobald in künftigen Tagen der Schatten der Schnur wieder auf diese Linie fällt, wird man auch den Augenblick des wahren Mittags dieses Tages haben. Es ist übrigens für sich klar, dass man, statt jener Schnur, auch den Fensterrahmen oder die Fenstermauer selbst gebrauchen und ihren Schatten wie zuvor beobachten kann, vorausgesetzt, dass dieser Rahmen, oder dass die Fensterwand vollkommen vertikal ist, wovon man sich leicht mittelst eines Bleilothes überzeugen wird.

Allein dadurch erhält man nur die Zeit des Mittages und daher vielleicht durch mehrere Wochen keine Zeitbestimmung, selbst wenn die Witterung im Allgemeinen günstig, die Sonne aber im Mittage zufällig

durch Wolken bedeckt ist. Auch wird diese Methode dadurch sehr beschränkt, dass nicht jede Wohnung zu jenen Beobachtungen gelegene Fenster darbietet.

Es wäre daher zu wünschen, dass man dieses an sich ebenso einfache als sichere Verfahren auch auf jede andere Stunde des Tages und auf jede Lage des Fensters, wenn dasselbe nur eben nicht gegen Norden steht, ausdehnen könnte.

Man kann das auch, aber, wie diess beinahe in allen Dingen zu geschehen pflegt, dieser Vortheil lässt sich nur auf Kosten eines anderen erreichen. Man kann sich nämlich von der Zeit des Mittags oder von der beschränkenden Lage des Fensters ganz unabhängig machen, wenn man sich dafür eine, übrigens sehr leichte trigonometrische Rechnung gefallen lassen will. Dem Astronomen ist diess allerdings kein Hinderniss, und die mit diesen Rechnungen nicht Bekannten werden doch wohl unter ihren Freunden leicht einen finden, der sie jener kleinen Mühe überhebt; für solche wollen wir diese erweiterte Methode der Zeitbestimmung hier kurz erklären.

Wir setzen also voraus, dass man an einem Tage, für welchen man den Stand seiner Uhr genau kennt, aus irgend einem, auch nicht gegen Süden gelegenen Fenster den Schatten jener Schnur oder auch den Schatten des vertikalen Fensterstockes auf dem Boden oder an der Wand des Zimmers, in einem Augenblicke bemerkt und angezeichnet habe, wo es z. B. genau drei Uhr Abends wahre Sonnenzeit war. Die Frage ist: wie viel wird es alle anderen Tage des Jahres wahre Zeit in dem Augenblicke sein, wo jener Schatten wieder dieselbe bezeichnete Stelle einnimmt?

In dem sphärischen Dreiecke *ZNS'* (*I.* Fig. 2) zwischen dem Zenith *Z*, dem Pol *N* des Aequators und dem Mittelpunkte *S'* der Sonne kennt man die Seite *NS'* oder die Poldistanz der Sonne, ferner die Seite *NZ* oder die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, und den Stundenwinkel *ZNS'* der Sonne zur Zeit der Beobachtung an dem ersten Tage. Daraus findet man aber sofort durch die bekannten Vorschriften der Trigonometrie das Azimuth *RZS'* (Einl. §. 20) der Sonne.

Hat man z. B. diese erste Beobachtung zu Wien, dessen Aequatorhöhe $41^0\ 47'$ ist, an einem Tage gemacht, an welchem die Poldistanz der Sonne 80^0 war, und zwar zu dem Augenblicke, wo die wahre Zeit 3^h, also der Stundenwinkel 45^0 betrug, so findet man daraus das Azimuth der Sonne $59^0\ 55'$ für diesen Augenblick.

Dasselbe Azimuth wird die Sonne alle Tage des Jahres in demjenigen Momente haben, wo der Schatten der Schnur wieder auf die bezeichnete Stelle der Wand tritt, aber der Stundenwinkel oder die wahre Zeit dieses Momentes wird eine andere sein, weil die Poldistanz *NS'* der Sonne für jeden Tag eine andere ist. Das Dreieck *NZS'* wird sich also auch geändert haben, indem wohl die Seite *NZ* und der Winkel *NZS'* derselbe bleibt, die Linien *NS'* und *ZS'* aber verkürzt oder verlängert sind, je nachdem die Poldistanz der Sonne seit jenem ersten Tage kleiner oder grösser geworden ist.

Die Poldistanz der Sonne aber kann man mit Hülfe eines astronomischen Kalenders für jeden Tag des Jahres leicht finden, und ebenso wird man auch für jede gegebene Poldistanz der Sonne den ihr entsprechenden Tag des Jahres oder eigentlich die zwei Tage finden, da

die Sonne im Allgemeinen zweimal des Jahres dieselbe Poldistanz hat. So findet man z. B. aus diesem Kalender, dass jener erste Beobachtungstag, an welchem die Poldistanz der Sonne 80° betrug, entweder der 16. April oder der 28. August gewesen ist.

Diese Poldistanz kann aber, da die Schiefe der Ekliptik 23½ Grad beträgt, von 66½ bis 113½ Grad wachsen. Nehmen wir also diese Poldistanz nach und nach zu 66, 67, 68 bis 113 Graden an, so bekommen wir eben so viele Dreiecke *NZS'*, in welchen allen die Seite *NZ* = 41° 47', und der äussere Winkel oder das Azimuth *RZS'* = 59° 55', somit der innere *NZS'* = 180° — *RZS'* = 120° 5' ist, während die Seite *NS'* nach der Ordnung 66, 67, 68 Grade beträgt, und es wird sich nun bloss darum handeln, in diesem Dreiecke aus den bekannten Seiten *NZ* und *NS'* und dem Winkel *NZS'* den unbekannten Stundenwinkel *ZNS'* zu finden, welcher letzte zugleich die gesuchte wahre Zeit sein wird, zu welcher der Schatten der Schnur in den verschiedenen Tagen des Jahres wieder auf die bezeichnete Stelle fällt. Nimmt man z. B. für unseren Fall nach der Ordnung die Poldistanz der Sonne gleich 75, 80, 85 und 90 Graden, so findet man daraus die wahre Zeit und die zwei Tage des Jahres durch folgende kleine Tafel:

Poldistanz der Sonne.	Wahre Zeit.	Tage des Jahrs.
75° . .	$2^h\ 45^m\ 0^s$. .	1. Mai und 12. August.
80 . .	3 0 0 . .	16. April und 28. August.
85 . .	3 14 28 . .	2. April und 19. September.
90 . .	3 28 36 . .	21. März und 23. September.

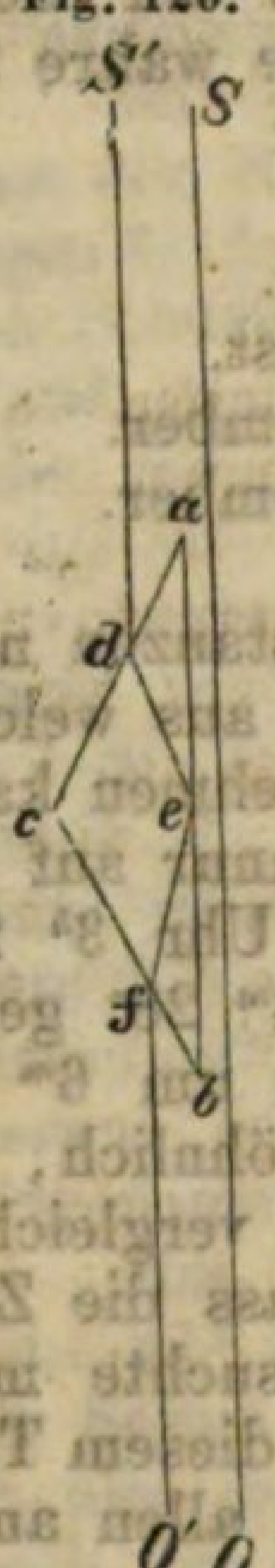
u. s. w.

Auf diese Weise wird man sich, wenn man die Poldistanzen nach den einzelnen Graden wachsen lässt, eine Tafel entwerfen, aus welcher man für jeden Jahrestag die wahre Zeit jenes Momentes nehmen kann. Denn gesetzt, man hätte am 2. April den Schatten der Schnur auf der bezeichneten Stelle in einem Augenblicke gesehen, wo die Uhr $3^h\ 20^m\ 48^s$ gab, da sie doch nach der vorhergehenden Tafel $3^h\ 14^m\ 28^s$ geben sollte, so sieht man daraus, dass die Uhr an diesem Tage um $6^m\ 20^s$ gegen wahre Zeit zu früh ging. Will man aber, wie gewöhnlich, die Uhr nicht mit der wahren, sondern mit der mittleren Zeit vergleichen, so sieht man aus der oben (*I.* §. 155) gegebenen Tafel, dass die Zeitgleichung am 2. April $3^m\ 42^s$ beträgt, so dass also die gesuchte mittlere Zeit jenes Tages $3^h\ 18^m\ 10^s$ ist, oder dass die Uhr an diesem Tage um $2^m\ 38^s$ gegen mittlere Zeit zu früh geht, und so fort an allen anderen Tagen des Jahres.

§. 24. (Dent's Dipleidoscop und Steinheil's Passagenprisma). Ein sehr einfaches, in allen Fällen, wo nicht gerade die äusserste Schärfe nöthig ist, anwendbares Instrumentchen zur Zeitbestimmung ist das von Dent, einem der ausgezeichnetsten Uhrmacher Englands, und Bloxam angegebene Dipleidoscop. Dasselbe besteht in drei, unter gleichen Winkeln zu einem Prisma verbundenen planparallelen Glasplatten, deren vordere durchsichtig, deren beide hintere auf ihrer Rückseite amalgamirt sind. Der von der Vorderfläche unmittelbar zurückgeworfene Theil der Sonnenstrahlen gibt ein Bild der Sonne, der durchgelassene lässt nach zweifacher Reflexion an den amalgamirten Platten und nach dem Rückgange durch die vordere Glasplatte ein zweites Bild der Sonne entstehen, das eben weil es von doppelter Reflexion rührt, dem ersten, das durch ein-

fache Reflexion erzeugt ist, entgegengesetzt sich bewegt, wenn die Sonne am Himmel fortrückt. Es lässt sich leicht nachweisen, dass bei solcher Einrichtung beide Bilder zusammenfallen, wenn die Sonne in demjenigen Vertikale steht, der durch die eine amalgamirte Platte geht. Da dieses Zusammenfallen vermöge der entgegengesetzten Bewegung beider Bilder, besonders mittelst eines wenn auch nur kleinen Fernrohres, sehr scharf aufzufassen ist, so kann man mit dieser einfachen Vorrichtung, wenn man dieselbe etwa auf der Fensterbrüstung fixirt, den Durchgang der Sonne durch den Meridian oder dnrch einen beliebigen Vertikal weit genauer beobachten, als diess mittelst des dafür eben (§. 23) vorgeschlagenen Schattens einer Schnur oder eines Fensterrahmens möglich ist. Bei einiger Sorgfalt lassen sich so Zeitbestimmungen etwa auf 1ˢ genau erzielen. Das Instrument hat indessen das Unangenehme, dass man die beiden Bilder nach abwärts blickend und oft in sehr schiefer Stellung suchen muss.

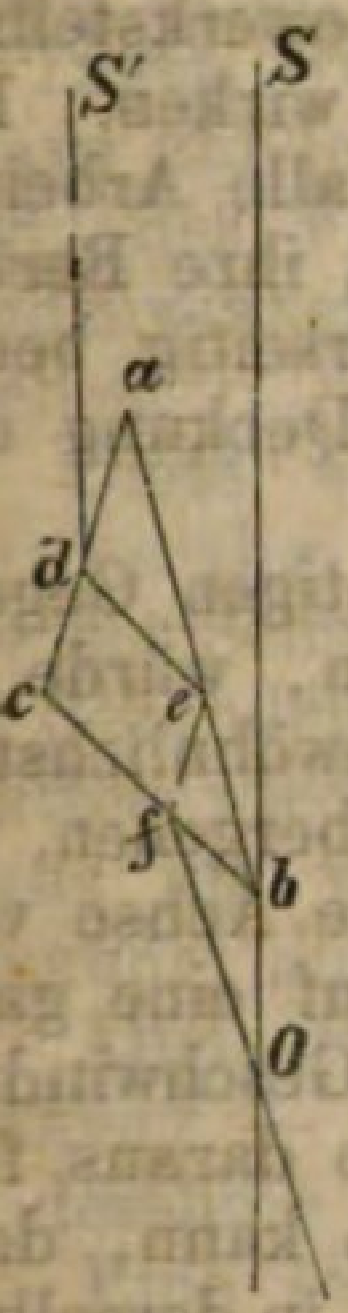
Fig. 120.



Dieselbe Wirkung erreicht man aber weit bequemer, wenn man nach Steinheil ein solides Glasprima *abc* (Fig. 120) anwendet, längs dessen einer Fläche *ab* das Auge bei *O* hinsieht, und das zugleich so geschliffen ist, dass die beiden andern Flächen mit jener ersten gleiche Winkel bei *a* und *b* bilden. Denken wir uns nämlich zuerst, dass von einem sehr entfernten Gegenstande, etwa einem Gestirne, Strahlen parallel zur Fläche *ab* auffallen, und es sei *S'd* ein solcher Strahl, der bei *d* in das Prisma eintritt; hier erleidet er eine Brechung, geht in der Richtung *de* gegen die Fläche *ab*, wird bei *e* reflektirt, und gelangt in der Richtung *ef* an die Fläche *bc*, wo er nach dem Austritte aus dem Prisma in der Richtung *fO'* fortgeht, die, wie sich leicht zeigen lässt, parallel zu *S'd* ist. Denn bezeichnen wir die Winkel des einfallenden Strahles *S'd* und des gebrochenen *de* mit der Linie *da* durch α und β, so dass $S'da = \alpha$ und $eda = \beta$ ist, so folgt aus der Aehnlichkeit der beiden Dreiecke *ade* und *efb*, dass auch der Winkel $efb = \beta$ ist; und hieraus wird man unter Berücksichtigung des Umstandes, dass bei *d* die Brechung aus Luft in Glas, bei *f* aber umgekehrt erfolgt, schliessen, dass der Winkel $O'fb = \alpha$ ist, d. h. der austretende Strahl *fO'* ist parallel zum eintretenden *S'd*. Stellt man sich nun das Auge des Beobachters so gegen das Prisma gerichtet vor, dass es mit einem Theile der Pupillenöffnung unmittelbar vom Gegenstande kommende Strahlen, wie *SO*, mit dem andern aber die durch das Prisma gegangenen empfängt, so ist klar, dass es das Gestirn, welches in der Erweiterung der Ebene *ab* liegt, direkt und durch das Prisma zugleich, aber doch nur als Ein Bild sieht, weil beide Arten von Lichtstrahlen unter sich parallel in's Auge gelangen.

Denkt man sich das Gestirn nicht genau in der erweiterten Ebene *ab*, sondern z. B. rechts von dieser Ebene, so werden zwei Strahlen *SO* und *S'd* (Fig. 121), von denen der eine unmittelbar das Auge bei *O* erreicht, der zweite aber auf das Prisma fällt, nicht unter sich parallel in's Auge gelangen, sondern ihre Richtungen werden einen gewissen Winkel einschliessen, und das Auge sieht zwei Bilder des Gestirns,

Fig. 121.



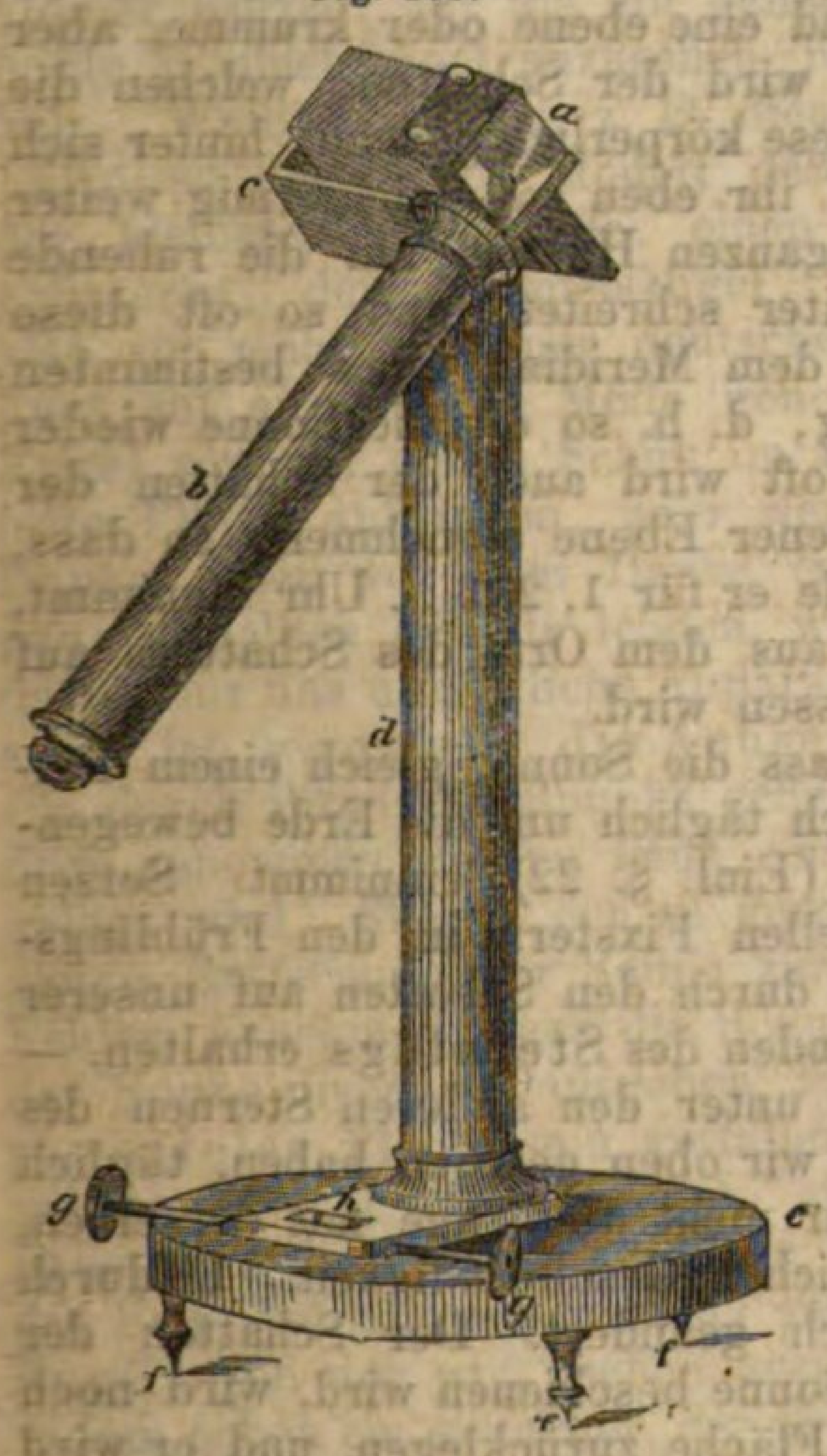
eines in der Richtung *OS*, das zweite in der Richtung *Of*, und beide Bilder sind um so weiter von einander entfernt, je grösser die Neigung der einfallenden Strahlen gegen die Fläche *ab* ist. Ihre Entfernung verringert sich zugleich mit dieser Neigung, und wenn letztere gleich Null, d. h. *SO* parallel zu *ab* wird, so erfolgt die Deckung beider Bilder, wie früher gezeigt wurde.

Da es wünschenswerth ist, dass beide Bilder nahe gleiche Helligkeit haben, so muss dafür gesorgt sein, dem Auge eine bestimmte Stellung gegen das Prisma anzuweisen, nämlich so, dass die erweiterte Ebene *ab* die Pupillenöffnung halbirt. Am besten erreicht man diess durch ein kleines Fernrohr, das schon gehörig gegen das Prisma gestellt ist, und sich nur parallel zur Ebene *ab* auf und ab bewegen lässt.

Will man mit diesem Instrumentchen, das Steinheil Passagen-Prisma genannt hat, Meridianbeobachtungen anstellen, etwa zur Zeitbestimmung, so muss man die Ebene *ab* in den Meridian bringen, was dadurch bewirkt wird, dass man das Prisma um eine vertikale Axe dreht, bis die Deckung z. B. der Sonnenbilder in dem Augenblicke des wahren Mittags Statt findet.

Plössl hat dem Passagen-Prisma folgende Gestalt gegeben (Fig. 122).

Fig. 122.



Das Prisma *a* liegt mit seinen Kanten für mittlere Breiten nahezu der Weltaxe parallel, und dessen Reflexionsfläche steht im Meridiane oder demjenigen Vertikalkreise, in welchem man zu beobachten beabsichtigt. Das drei- bis viermal vergrössernde Fernrohr *b* bewegt sich mittelst des Bügels *c* in der Reflexionsebene des Prisma auf und ab. Zugleich liegt diese Reflexionsebene parallel zur Säule *d*, welche wieder senkrecht auf der oberen Fläche des Gestells *e* befestigt ist, so dass das Horizontalstellen dieser Fläche *e* sofort auch dem Prisma die richtige Lage in einer Richtung ertheilt; zu diesem Behufe ist das eine der beiden Füsschen *f* auf der Ocularseite des Instrumentes zum Höher- und Niederschrauben eingerichtet. In der anderen, auf jene erste perpendikulären Richtung wird das Instrument zuerst durch Verschieben auf den Füsschen *f* rektificirt, und, wenn auf diese Art die gewünschte Lage bereits beiläufig hergestellt ist, werden diese Füsschen in das dazu

bestimmte Piedestal unveränderlich eingelassen oder sonst fixirt, und die nun noch nöthige Korrection mittelst der Schräubchen *g* bewerkstelligt, die einander entgegen auf den im Piedestal festen Stift *h* wirken. Die Bilder sind bei der Vollkommenheit, durch welche sich alle Arbeiten des Herrn Plössl auszeichnen, ausserordentlich rein, und ihre Berührung mit grosser Sicherheit zu beobachten. Diese, beiderseitig beobachtete Berührung wird man der schwer aufzufassenden Deckung der Bilder immer vorziehen.

§. 25. (Sonnenuhren.) Nachdem wir uns über den wichtigen Gegenstand der Zeitbestimmung so umständlich verbreitet haben, würde es unangemessen scheinen, eines der im gemeinen Leben gewöhnlichsten Mittel zu diesem Zwecke hier ganz mit Stillschweigen zu übergehen.

Unsere Erde bewegt sich in einem Sterntage um ihre Achse von West nach Ost, und zwar, wie wir oben gesehen haben, auf eine ganz gleichförmige Weise oder mit einer völlig unveränderlichen Geschwindigkeit. Wir haben bereits früher gezeigt, dass man sich die daraus folgenden Erscheinungen ganz eben so gut dadurch erklären kann, dass man die Erde ruhend denkt, und dafür den ganzen Himmel in derselben Zeit, aber in verkehrter Richtung oder von Ost nach West sich um die Erde bewegen lässt. Nehmen wir diese letztere als die gewöhnlichste und augenfälligste Erklärung an, so würde also die Sonne, wenn sie immer denselben Ort am Himmel einnähme, so wie alle Fixsterne während jeden Sterntages um die ruhende Erdachse die ganze Peripherie eines Kreises zurücklegen. Denken wir uns hinter der Erde, auf der der Sonne entgegengesetzten Seite, irgend eine ebene oder krumme, aber feste und unveränderliche Fläche, so wird der Schatten, welchen die von der Sonne beschienene Erdachse, diese körperlich gedacht, hinter sich wirft, auf diese Ebene fallen und auf ihr eben so gleichförmig weiter gehen, wie die Sonne selbst mit dem ganzen Himmel um die ruhende Erde in ihrer täglichen Bewegung weiter schreitet, und so oft diese Sonne, in den folgenden Tagen, von dem Meridian eines bestimmten Beobachters wieder dieselbe Entfernung, d. h. so oft die Sonne wieder denselben Stundenwinkel hat, so oft wird auch der Schatten der Erdachse wieder dieselbe Stelle auf jener Ebene einnehmen, so dass, wenn man nur einmal weiss, welche Stelle er für 1, 2, 3 . . Uhr einnimmt, man künftig auch immer rückwärts, aus dem Orte des Schattens auf die ihm entsprechende Tageszeit schliessen wird.

Dabei haben wir vorausgesetzt, dass die Sonne, gleich einem Fixstern, immer dieselbe Stelle an dem sich täglich um die Erde bewegenden Himmel, z. B. den Frühlingspunkt (Einl. §. 22), einnimmt. Setzen wir statt dieser Sonne einen ebenso hellen Fixstern in den Frühlingspunkt, so würden wir auf diese Weise, durch den Schatten auf unserer Fläche, eigentlich die verschiedenen Stunden des Sterntags erhalten. — Allein die wahre Sonne steht nicht fest unter den anderen Sternen des Himmels, sondern sie bewegt sich, wie wir oben gesehen haben, täglich nahe einen Grad gegen Osten, und zwar nicht alle Tage mit derselben, sondern eigentlich mit einer veränderlichen Geschwindigkeit. Dadurch wird aber unsere Sache nicht wesentlich geändert. Der Schatten der Erdachse, wie dieselbe von der wahren Sonne beschienen wird, wird noch immer seinen täglichen Weg auf jener Fläche zurücklegen, und er wird auch auf derselben immer wieder dieselbe Stelle einnehmen, so oft diese

wahre Sonne dieselbe Lage gegen den Meridian des Beobachters einnimmt, d. h. so oft die wahre Sonne, in dem Laufe eines jeden künftigen Tages, wieder denselben Stundenwinkel hat. Der Schatten der Erdaxe auf jener Fläche wird also nicht mehr, wie zuvor, den Stundenwinkel des Frühlingspunkts oder die Sternzeit, sondern er wird den Stundenwinkel der wahren Sonne, d. h. er wird die wahre Zeit (*I.* §. 153) angeben.

Diess wäre demnach die einfachste und zugleich die sicherste Sonnenuhr, die man haben könnte, und einmal auf jener Ebene die Orte des Schattens der Erdachse für die verschiedenen Stunden, Minuten und Sekunden des wahren Tages bestimmt, würden wir, so oft dieser Schatten wieder auf eine der so bezeichneten Stellen fiele, sofort auch daraus die wahre Zeit dieses Augenblickes, ohne Instrumente, ohne Rechnung, durch den blossen Anblick jener Fläche finden.

Allein wo ist jene Fläche, oder wie sollen wir uns eine solche verschaffen? — Da diess offenbar für unsere Kräfte unmöglich ist, müssen wir desshalb ganz von unserer Unternehmung abstehen?

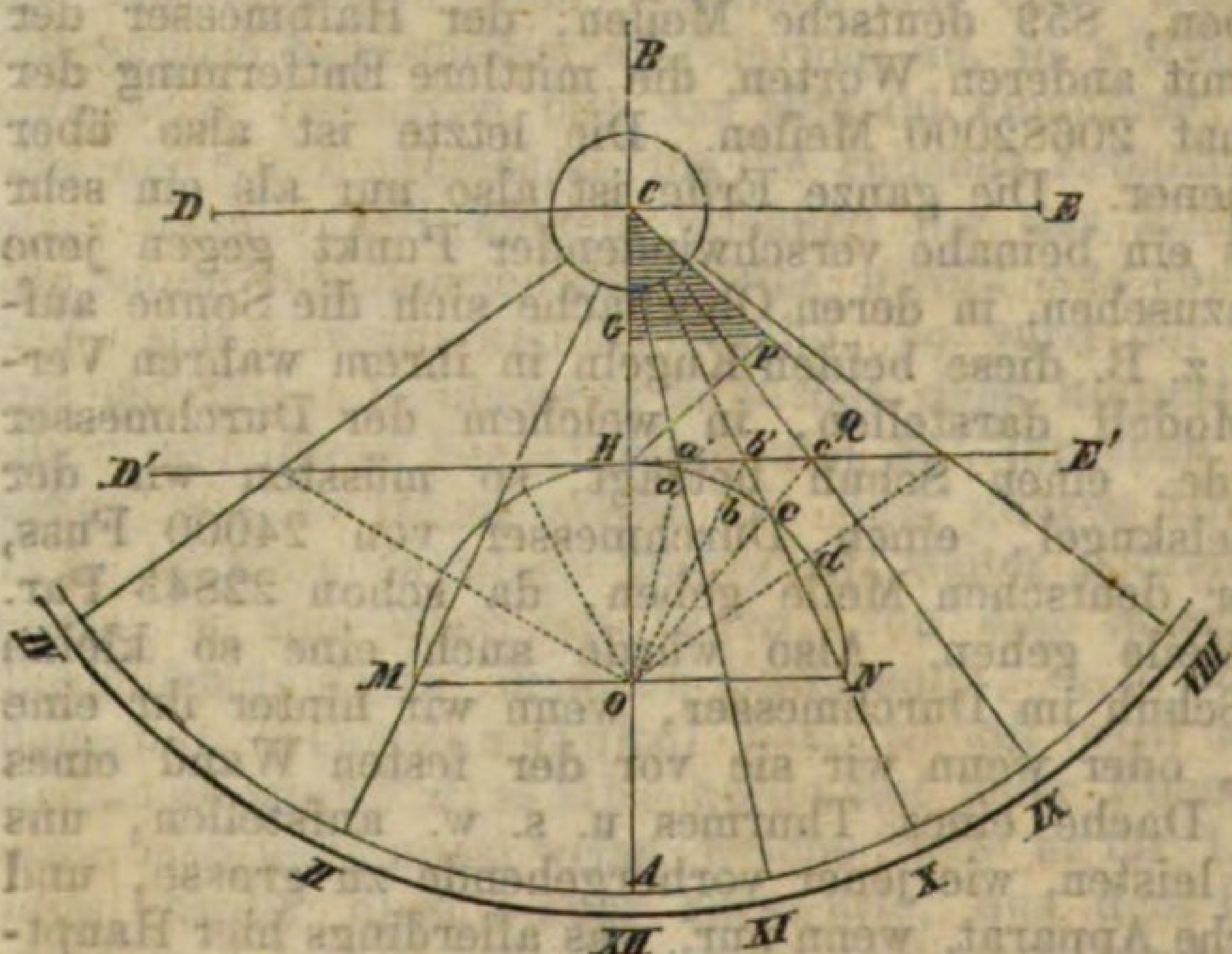
Eine sehr einfache Betrachtung wird uns helfen, dieses an sich unüberwindliche Hinderniss zu umgehen, und unsern Zweck auf einem andern Wege zu erreichen. Der Halbmesser unserer Erde beträgt, wie wir oben gesehen haben, 859 deutsche Meilen; der Halbmesser der Erdbahn aber, oder mit anderen Worten, die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde hat 20682000 Meilen. Die letzte ist also über 24000mal grösser als jener. Die ganze Erde ist also nur als ein sehr kleiner Körper, nur als ein beinahe verschwindender Punkt gegen jene hohle Himmelskugel anzusehen, in deren Oberfläche sich die Sonne aufhält. Wollten wir uns z. B. diese beiden Kugeln in ihrem wahren Verhältnisse durch ein Modell darstellen, in welchem der Durchmesser der kleineren, der Erde, einen Schuh beträgt, so müssten wir der grösseren, der Himmelskugel, einen Durchmesser von 24000 Fuss, also von mehr als einer deutschen Meile geben, da schon 22843 Par. Fuss auf eine solche Meile gehen. Also würde auch eine so kleine Kugel von nur einem Schuh im Durchmesser, wenn wir hinter ihr eine feste Fläche anbringen, oder wenn wir sie vor der festen Wand eines Hauses oder vor dem Dache eines Thurmes u. s. w. aufstellen, uns ganz dieselben Dienste leisten, wie jener vorhergehende zu grosse, und darum für uns unmögliche Apparat, wenn nur, was allerdings hier Hauptsache ist, wenn nur die Achse dieser kleinen Kugel, wofür hier irgend ein durch ihren Mittelpunkt gehender und zu beiden Seiten verlängerter Stift genommen werden kann, mit der Weltachse genau parallel gelegt wird. Wegen der so geringen Grösse der Erde gegen die ungemeine Entfernung der Sonne kann man nämlich, ohne allen merklichen Fehler, annehmen, dass die Sonnenstrahlen, obschon sie eigentlich aus der Sonne divergent ausgehen, auf alle Punkte der Erde in unter sich parallelen Richtungen auffallen, und dass es daher, in Beziehung auf unsere Absicht, gleichviel ist, auf welchem Punkte der Oberfläche der Erde man diese Achse anbringt, wenn man sie nur mit der wahren Achse der Erde vollkommen parallel stellt, so dass also auch sogar jene kleine Kugel, von der wir soeben gesprochen haben, ganz überflüssig wird, indem schon ein einfacher, der Erdachse paralleler Stift genügt, um diesen unsern Endzweck zu erreichen, nämlich um durch den Schatten, den

ein solcher Stift auf eine hinter ihm stehende, ebene oder krumme Fläche wirft, die wahre Zeit in jedem Augenblicke anzugeben.

§. 26. (Horizontal- und Aequatorialuhr.) Unsere Aufgabe reducirt sich demnach auf folgende zwei Fragen: wie soll man erstens einen geradlinigen Stift so stellen, dass er der Erdachse parallel werde, und wie soll man zweitens auf einer hinter diesem Stifte stehenden Fläche die Orte des Schattens dieses Stiftes für jeden Augenblick der wahren Zeit angeben?

Um die Antworten auf diese Fragen nicht gleich anfangs zu sehr zu compliciren, wollen wir uns jene Fläche als eine horizontale Ebene, z. B. als ein dem Horizonte parallel gelegtes Tischblatt denken. Hier wird es sehr leicht sein, unsern Stift auf dem Tische in der durch die erste Frage geforderten Weise aufzustellen. Die Erdachse macht nämlich mit dem Horizonte eines jeden Ortes auf der Oberfläche der Erde einen Winkel, der gleich der Polhöhe oder, was dasselbe ist, der gleich der geographischen Breite dieses Ortes ist (Einl. §. 23), welche letzte man bekanntlich aus jeder guten Karte des Landes, in welchem jener Ort liegt, nehmen kann. Für Wien z. B. ist die geographische Breite 48° 12′ 35″. Sei also *ABDE* (Fig. 123) die erwähnte horizontale Tafel.

Fig. 123



Man ziehe in ihr, durch irgend einen willkürlich gewählten Punkt *C*, die zwei unter sich senkrechten Linien *AB* und *DE*, und befestige in dem Punkte *C* der Tafel einen geradlinigen Stift *CP* über dieser Tafel so, dass er mit den beiden Linien *CD* und *CE* einen Winkel von 90 Graden, mit der Linie *CA* aber einen Winkel von 48° 12′ 35″ macht, so wird dieser Stift der Erdachse parallel stehen, sobald man die horizontale Tafel so stellt, dass die Linie *CA* genau nach Nord, also auch *CD* nach Ost, *CE* nach West und *CB* endlich nach Süd gerichtet ist, somit die Linie *ACB* die Mittagslinie (Einl. §. 15) des Ortes vorstellt. — Einfacher wird sich dieser Stift noch auf folgende Weise in seine gehörige Lage stellen lassen. Man bilde sich z. B. aus Karton oder Metallblech ein bei *G* rechtwinkliges Dreieck *CGP*, dessen einer Winkel bei *C* gleich der Polhöhe des Ortes, also in unserm Beispiele gleich 48° 12′ 35″ ist, und stelle dann dieses Dreieck senkrecht auf die Ebene der Tafel so, dass der Scheitel *C* desselben in den oben gewählten Punkt *C* der Tafel, und dass die Seite *CG* des Dreiecks in die oben gezogene Linie *CA* der Tafel fällt. In dieser Lage wird die grösste, oder die dem rechten Winkel *G* gegenüberstehende Seite *CP* die wahre Lage des Stiftes angeben, so dass man, bei dieser Stellung des Dreiecks, den Stift nur

in die Richtung der Seite *PC* des Dreiecks bringen, und in dieser Lage an der Tafel befestigen darf.

Damit ist also die erste unserer Fragen beantwortet. Allein wie soll man nun, in derselben Tafel, die Linien finden, auf welche der Schatten des Stiftes fallen muss, wenn es eben 1, 2, 3 . . . Uhr wahre Zeit ist?

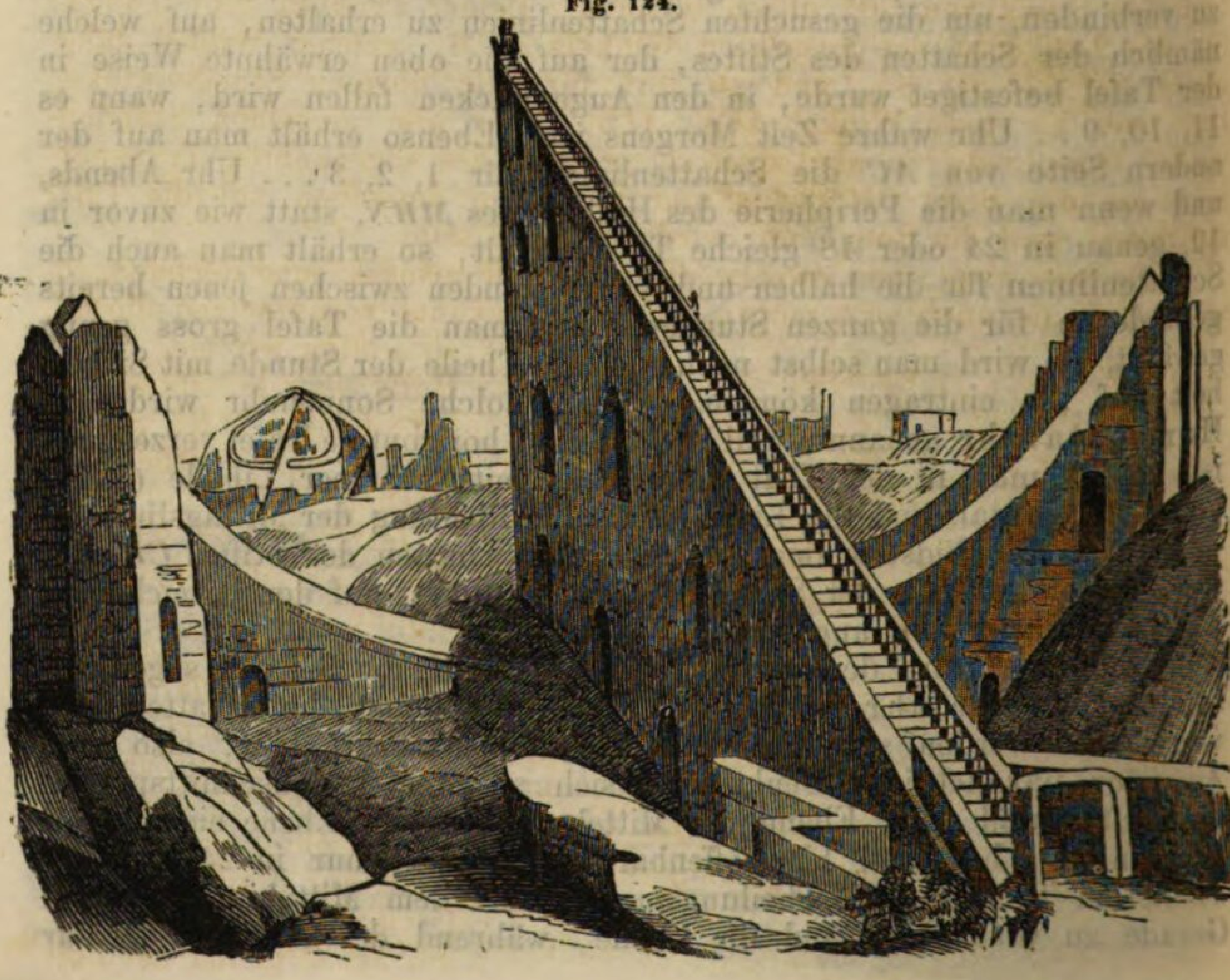
Zu diesem Zwecke kann man sich des folgenden graphischen Verfahrens bedienen. — Nachdem man, wie zuvor, durch einen willkürlich gewählten Punkt *C* der Tafel die beiden unter sich senkrechten Geraden *AB* und *DE* gezogen hat, ziehe man nun, ebenfalls in der Ebene dieser Tafel, die Linie *CQ* so, dass sie mit der Linie *CA* einen Winkel *ACQ* gleich der Polhöhe des Ortes bilde. Man nehme dann in dieser Linie *CQ* irgend einen, ebenfalls willkürlichen Punkt *P* und errichte in diesem Punkte *P* auf die Linie *CQ* eine Senkrechte, welche die Linie *AC* in dem Punkte *H* schneiden soll. Durch diesen Punkt *H* ziehe man eine auf *AC* senkrechte, also mit *DE* parallele Gerade *D'E'*. Man nehme ferner in der Linie *AC* von dem Punkte *H* aus die Linie *HO* genau so gross, wie jene Senkrechte *HP* war, und ziehe aus dem so bestimmten Punkte *O*, als aus einem Mittelpunkte, mit irgend einem willkürlichen Halbmesser, z. B. mit dem Halbmesser *OH* den Halbkreis *MHN*. Theilt man dann die Peripherie dieses Kreises von dem Punkte *H* aus, zu beiden Seiten desselben, in sechs gleiche Theile, zieht durch die Theilungspunkte *a*, *b*, *c* . . die Halbmesser *Oa*, *Ob*, *Oc* . . . und verlängert dieselben, bis sie die oben erwähnte Gerade *D'E'* in den Punkten *a' b' c'* . . . schneiden, so hat man nur diese Punkte *a'*, *b'*, *c'* . . . mit dem oben gewählten Punkte *C* durch die geraden Linien *Ca'XI*, *Cb'X*, *Cc'IX* u. s. w. zu verbinden, um die gesuchten Schattenlinien zu erhalten, auf welche nämlich der Schatten des Stiftes, der auf die oben erwähnte Weise in der Tafel befestiget wurde, in den Augenblicken fallen wird, wann es 11, 10, 9 . . Uhr wahre Zeit Morgens ist. Ebenso erhält man auf der andern Seite von *AC* die Schattenlinien für 1, 2, 3 . . . Uhr Abends, und wenn man die Peripherie des Halbkreises *MHN*, statt wie zuvor in 12, genau in 24 oder 48 gleiche Theile theilt, so erhält man auch die Schattenlinien für die halben und Viertelstunden zwischen jenen bereits gefundenen für die ganzen Stunden. Hat man die Tafel gross genug gewählt, so wird man selbst noch kleinere Theile der Stunde mit Sicherheit auf ihr eintragen können. — Eine solche Sonnenuhr wird eine Horizontaluhr genannt, weil sie auf eine horizontale Tafel verzeichnet ist. Stellt man in der That diese Tafel mittelst einer Libelle (§. 18) genau horizontal, und die Linie *AC* in die Richtung der Mittagslinie, so dass *C* auf der Südseite liegt, so wird der Schatten des Stiftes *CP* oder *CQ*, so oft er von der Sonne beschienen wird, auf der bezeichneten Tafel die wahre Zeit angeben.

Einfacher wird der zweite Theil dieser Aufgabe bei der sogenannten Aequatorialuhr, wo die Ebene, auf welcher die Schattenlinien verzeichnet werden sollen, auf dem Stift senkrecht steht, also zum Aequator parallel ist. Denkt man sich aus dem Durchschnittspunkte des Stiftes und jener Ebene als Mittelpunkt in der Ebene einen Kreis gezogen, so hat man hier offenbar diesen Kreis nur in 24 gleiche Theile zu theilen, die Theilungspunkte mit dem Mittelpunkte durch Gerade zu verbinden, und die Ebene, während der Stift parallel zur

Weltachse erhalten wird, um den Stift als Achse zu drehen, bis zu einer gewissen Stunde z. B. um 1 Uhr wahre Zeit der Schatten des Stiftes in eine jener Geraden fällt. Beziffert man dann diese Linie mit 1, die östlich von derselben liegenden Theilpunkte des Kreises nach einander mit 2, 3, 4 . . ., die westlichen mit 12, 11, 10 . . ., so werden diese Ziffern auch sofort die wahren Zeiten für die Momente geben, zu welchen der Schatten durch die betreffenden Geraden geht. Da in den Tagen der Nachtgleichen die Sonne im Aequator steht, daher in jene Ebene keinen deutlichen Schatten des Stiftes wirft, so wird man zweckmässiger statt der Scheibe, die hier den Aequator vorstellte, und auf beiden Seiten, der oberen für das Sommer-, der unteren für das Winter-Halbjahr mit den Schattenlinien zu versehen war, einen Reif anwenden, welcher der Peripherie obigen Kreises entspricht, wodurch ein der Armillarsphäre (Fig. 110) ähnliches Instrument entstehen wird, bei welcher ***PP'*** die Weltachse, ***AB*** der Aequator war.

Der ausgezeichnete hindostanische Astronom Jayasinha ging von der Ansicht aus, dass die Ungenauigkeit älterer astronomischer Bestimmungen von der Kleinheit und Veränderlichkeit der metallenen Instrumente käme, mit denen man gewöhnlich beobachte. Er errichtete desshalb im Anfange des vorigen Jahrhundertes zu Delhi, Benares u. s. w. astronomische Instrumente aus Stein und Mauerwerk in riesigem Massstabe, darunter Aequatorialuhren, die er in richtiger Erkenntniss ihrer vielen Vorzüge die »Fürsten der Sonnenuhren« nannte, von einem Umfange, der diese förmlichen Bauwerke zu Seitenstücken der gigantischen Quadranten und Gnomonen der Alten machte. Fig. 124 ist eine Abbil-

Fig. 124.



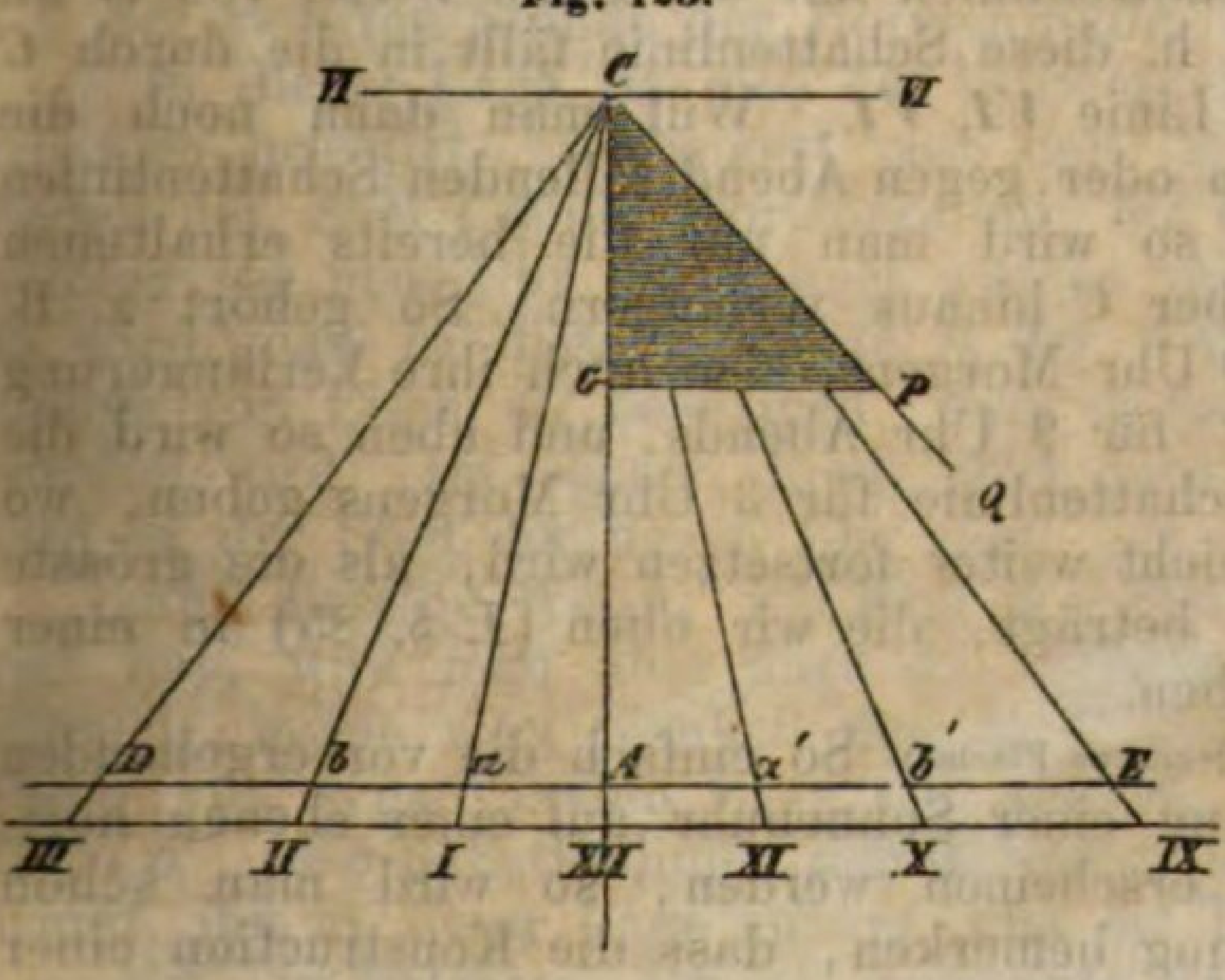
dung der zu Delhi errichteten Sonnenuhr dieser Art, in deren Hintergrunde man Vorrichtungen ähnlichen Stiles sieht. Die schiefe Ebene des mittleren Mauerpfeilers stellt hier den zur Weltachse parallelen Stift vor, und misst nicht weniger als 118 englische Fuss; die Höhe der Spitze über dem Boden beträgt gegen 60 Fuss. Die Viertelkreise zu beiden Seiten dieses Pfeilers liegen dem Aequator parallel, haben Halbmesser von mehr als 20 Fuss, und tragen in Marmor die Theilung, an welcher man doch nur etwa auf einzelne Zeitminuten die Lage des in der Zeichnung auf der linken Seite sichtbaren Schattens abliest. Diese gemauerten Werkzeuge der Wissenschaft sind zum Theile bis heute wohl erhalten, und dienen noch den jetzigen Brahminen.

§. 27. (Horizontale Sonnenuhr: zweite Methode.) Obschon die angeführte Verzeichnung einer Horizontaluhr von Jedermann leicht ausgeführt werden kann, so gibt es doch noch eine einfachere Art, solche Sonnenuhren zu konstruiren.

Beide Methoden beruhen im Grunde auf der Auflösung von zwei ebenen Dreiecken, durch die man ohne Mühe findet, dass die Tangente des Winkels ACa' oder ACb' . . der Schattenlinie Ca' oder Cb' . . mit der Mittagslinie CA der Uhr für jeden gegebenen Stundenwinkel der Sonne, gleich ist der Tangente dieses Stundenwinkels multiplicirt in den Sinus der Polhöhe des Ortes, in welchem man die Sonnenuhr errichten will. Sucht man z. B. den Winkel ACM oder ACN für den Stundenwinkel von 30^0 oder von 2 Stunden vor oder nach dem Mittage für die Polhöhe von 50^0, so findet man die Tangente von 30^0 gleich 0.57735 und den Sinus von 50^0 gleich 0.76604. Beider Produkt gibt 0.44227 für die Tangente des gesuchten Winkels ACM, welcher Winkel daher gleich $23^0\ 51'\ 31''$ ist, und so fort für alle übrigen Stundenwinkel. Hat man so diese Winkel ACa', ACb' . . für alle einzelnen Stundenwinkel berechnet, so wird man sie mittelst des sogenannten Transporteurs an die Seite CH rechts und links von derselben auf die Tafel auftragen, und die Sonnenuhr wird vollendet sein.

Da wir aber, dem Zwecke dieser Schrift gemäss, jene Rechnungen, so einfach sie auch sein mögen, nicht als bekannt voraussetzen dürfen, so wollen wir sie, durch Hülfe einer bereits voraus berechneten Tafel, unsern Lesern ganz entbehrlich machen.

Fig. 125.



Ist nämlich wieder CDE (Fig. 125) die oben erwähnte horizontale Tafel, so ziehe man, wie dort, durch den willkürlichen Punkt C die Gerade CA, und darauf senkrecht die Linie DAE. In der Linie CA errichte man, senkrecht auf die Tafel, das Dreieck GCP, dessen Winkel bei C gleich der Pol-

höhe ist, und befestige dann, in dem Punkte C, nach der Richtung der Seite CP den Stift CQ. Endlich theile man die gerade Linie CA in 1000 gleiche Theile, und trage auf der Linie DAE, zu beiden Seiten von A, so viele dieser Theile auf, als die folgende Tafel für jeden Stundenwinkel angibt, wodurch man die Punkte a, b, c .. und a', b', c' .. erhält, die, mit C verbunden, die gesuchten Schattenlinien Ca', Cb, Cb'.. der Horizontaluhr geben.

Wollte man also eine solche Uhr z. B. für Weimar errichten, so wird man, da die geographische Breite dieser Stadt sehr nahe 51° beträgt, von den 1000 gleichen Theilen der Linie CA, 208 von A nach a und nach a' tragen, um die Schattenlinien für die erste Stunde vor und nach Mittag zu erhalten. Nimmt man eben so $Ab = Ab' = 449$ solcher Theile, so erhält man die Schattenlinien für 10 Uhr vor und für 2 Uhr nach dem Mittage, und so fort für alle übrigen Stunden und Unterabtheilungen derselben.

Die folgende Tafel erstreckt sich über den grössten Theil Deutschlands.

Wahre Zeit.	Geographische Breite.						
	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°
0 St. 0 M.	0	0	0	0	0	0	0
0 » 30 »	96	98	99	101	102	104	105
1 » 0 »	196	199	202	205	208	211	214
1 » 30 »	303	308	313	317	322	326	331
2 » 0 »	422	429	436	442	449	455	461
2 » 30 »	561	570	579	588	596	605	613
3 » 0 »	731	743	755	766	777	788	799
3 » 30 »	953	968	984	998	1013	1027	1041
4 » 0 »	1267	1287	1307	1327	1346	1365	1383
4 » 30 »	1766	1794	1822	1849	1876	1902	1928
5 » 0 »	2729	2773	2817	2859	2900	2941	2981
5 » 30 »	5555	5645	5733	5819	5903	2985	6066

Für sechs Uhr Morgens oder Abends ist die Entfernung des Durchschnittspunktes der Schattenlinien mit der Linie DAE, von A an gezählt, unendlich gross, d. h. diese Schattenlinie fällt in die durch C mit DE parallel gezogene Linie VI, VI.. Will man dann noch die übrigen weiter gegen Morgen oder gegen Abend fallenden Schattenlinien auf der Tafel verzeichnen, so wird man nur die bereits erhaltenen Schattenlinien rückwärts über C hinaus verlängern. So gehört z. B. die Schattenlinie $C.IX$ für 9 Uhr Morgens, also auch ihre Verlängerung auf der anderen Seite von C für 9 Uhr Abends, und eben so wird die Linie $C.III$ verlängert die Schattenlinie für 3 Uhr Morgens geben, wo man diese Linien offenbar nicht weiter fortsetzen wird, als die grösste halbe Tageslänge des Ortes beträgt, die wir oben (*I.* §. 85) in einer eigenen Tafel angegeben haben.

§. 28. (Sonnenuhr für jede gegebene Fläche.) So einfach die vorhergehenden Vorschriften zur Verzeichnung einer Sonnenuhr auf einer ebenen horizontalen Tafel Jedermann erscheinen werden, so wird man schon ohne ausdrückliche Erinnerung bemerken, dass die Konstruction einer

Sonnenuhr auf irgend einer anderen, schief gegen den Horizont und gegen den Meridian gestellten Ebene, z. B. auf der Ebene einer senkrechten Mauer oder auf der eines schief liegenden Daches sehr zusammengesetzt werden kann, und noch mehr werden sich die Schwierigkeiten häufen, wenn eine Sonnenuhr auf irgend einer krummen Fläche, z. B. auf der Seitenwand eines runden Thurms oder auf einem runden Kuppeldache verzeichnet werden soll. Alle diese Uhren werden mit der vorhergehenden Horizontaluhr bloss darin übereinkommen, dass der Stab, dessen Schatten die Stunde anzeigt, immer der Weltachse parallel gestellt werden soll, da diess, wie wir oben gesehen haben, die Hauptbedingung ist, die jeder Zeitbestimmung dieser Art zu Grunde liegt. Die Verzeichnung der Schattenlinien aber wird bei diesen Uhren, je nach der Stellung und Krümmung der Flächen, auf welchen sie verzeichnet werden sollen, für jede Uhr eine andere sein.

Allein ohne uns hier in die oft sehr verwickelten Regeln einzulassen, die man bei der Konstruction einer solchen Uhr zu beobachten hat, wollen wir vielmehr ein Mittel suchen, die Horizontaluhr, die wir nach dem Vorhergehenden als bereits konstruirt, und mit der grössten Sorgfalt ausgeführt voraussetzen, auf jene ebene oder krumme Fläche aufzutragen oder gleichsam zu projiciren.

Zu diesem Zwecke wird man die bereits verfertigte, und zur grösseren Genauigkeit in einem bedeutenderen Massstabe ausgeführte Horizontaluhr auf einen festen Tisch unmittelbar vor jener Fläche, z. B. vor jener Wand anbringen, auf welcher man die neue Uhr verzeichnen will. Auf diesem Tische stellt man dann die Tafel der Horizontaluhr mittelst einer Libelle horizontal, und überdiess die Linie *CA* (Fig. 123 und 125) genau in die Mittagslinie, so dass der Punkt *C* nach Süd und der Punkt *A* genau nach Nord steht. Am einfachsten wird man diess letzte, wenn man nicht etwa eine verlässliche und genaue Pendel- oder Taschenuhr hat, erreichen, wenn man mit Hülfe des bereits oben erwähnten Gnomons den Augenblick bemerkt, wann der Schatten der vertikalen Stange in die schon durch frühere Beobachtungen auf der Tafel bezeichnete Lage der Mittagslinie fällt, und wenn man, in diesem Augenblicke, die immer horizontale Tafel der Uhr so dreht, dass der Schatten ihres Stiftes *CQ* genau auf die Schattenlinie *CA* der zwölften Stunde der Horizontaluhr zu stehen kommt.

In dieser Lage ist also die Horizontaluhr auf ihrem Tische vollkommen orientirt. Verlängert man nun, etwa durch einen gespannten Faden den Stiel *CQ* der Horizontaluhr, bis dieser Faden die Wand, auf welcher die neue Uhr verzeichnet werden soll, in einem Punkte *R* trifft, so wird man in diesem Punkte *R* der Wand einen Stiel, z. B. eine Stange von Eisen so befestigen, dass er dem gespannten Faden genau parallel wird. Da sonach dieser Stiel auch der Weltachse parallel ist, wird er der Stiel der neuen Uhr sein.

Auf dieselbe Weise, wie man den Stiel der Horizontaluhr verlängert hat, wird man aber auch die Schattenlinien derselben verlängern können, indem man nämlich den in *C* (Fig. 123 und 125) befestigten Faden von seiner ersten Lage *CQ* abhebt, und ihn in die Lage *CA*, *Ca'*, *Cb'* .. der Schattenlinien der Horizontaluhr für 12, 11, 10 Uhr u. s. f. bringt, ihn in dieser Lage spannt, und die Punkte r, r', r'' .. der Wand bemerkt, in welchem der so gespannte Faden die Wand trifft. Ver-

bindet man dann diese Punkte r, r', r'' .. der Wand mit dem vorigen Punkte R derselben durch die geraden Linien Rr, Rr', Rr'' .., so erhält man sofort auch die Schattenlinien der neuen Uhr für 12, 11, 10 .. Uhr und für jede andere Stunde des Tages.

Diess setzt voraus, dass die Wand, auf welcher die neue Sonnenuhr verzeichnet werden soll, eine Ebene, z. B. die senkrechte Wand eines Hauses oder die ebene Fläche irgend eines Daches ist, denn nur dann werden schon zwei Punkte wie R und r oder wie R und r' u. f. hinreichen, die gerade Linie, d. h. die Schattenlinie der Uhr zu bestimmen. Ist aber diese Wand eine krumme Fläche, z. B. die Oberfläche eines cylindrischen oder kegelförmigen Gebäudes, so sind die Schattenlinien einer solchen Wand nicht mehr gerade, sondern ebenfalls krumme Linien, zu deren Verzeichnung jene zwei Punkte nicht mehr hinreichen.

Allein in diesem Falle kann man sich eines sehr einfachen Mittels bedienen, diese krummen Schattenlinien unmittelbar zu finden. Dieses Mittel lässt sich auch ebenso bequem und sicher zugleich bei ebenen Wänden anbringen, und es hat noch den Vortheil, dass man die neue Sonnenuhr selbst ohne Hülfe der Sonne oder zur Nachtzeit verzeichnen kann. Es besteht aber in einer Lampe, deren Licht man in einer beträchtlichen Entfernung von der Horizontaluhr aufstellt. Am besten wird man eine solche Lampe wählen, die ihr Licht nicht durch ein gewöhnliches Fensterglas, sondern durch eine Glaslinse schickt, in deren Brennpunkte die Flamme der Lampe steht. Dann werden nämlich die von der Flamme auf die Linse fallenden Strahlen, nach der Brechung durch diese Linse, unter sich parallel auf die Horizontaluhr treten, wie diess auch mit den Strahlen der Sonne der Fall ist, und man wird daher eine solche Lampe auch ganz nahe an die Horizontaluhr halten können, um den Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand desto deutlicher zu sehen. Stellt man nun diese Lampe so, dass der Schatten des Stieles CQ der Horizontaluhr nach und nach auf die Schattenlinien CA, Ca', Cb' .. derselben für 12, 11, 10 .. Uhr fällt, so wird auch der Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand diejenigen krummen Linien angeben, auf welche der Schatten dieses neuen Stiels, wenn er von der Sonne beschienen wird, um 12, 11, 10 .. Uhr fallen wird, und sofort für alle übrigen Stunden des Tages, so dass man also nur, für jede jener Lagen der Lampe, den Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand, seiner ganzen Länge nach, anzeichnen darf, um sofort auch die entsprechenden Schattenlinien der neuen Sonnenuhr zu erhalten.

§. 29. (Meridiankreis.) Wir haben im Vorhergehenden die vorzüglichsten Mittel angezeigt, durch welche man die Zeit einer jeden Beobachtung bestimmen kann. Man wird von selbst bemerken, dass diese Mittel nicht alle von gleichem Werthe sind, und dass es z. B. dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft ganz unangemessen wäre, wenn irgend ein Astronom seine Zeit durch eine Sonnenuhr bestimmen wollte, da die Konstruction derselben, so viel Sorgfalt man auch darauf verwandt haben mag, doch nie die Genauigkeit gewähren kann, die von den astronomischen Beobachtungen in unseren Tagen gefordert wird. Im Gegentheile ist das Mittagsrohr ohne Zweifel das beste und sicherste Mittel, nicht bloss zu einer genauen Bestimmung

der Zeit, sondern auch zur Bestimmung der Rectascension der Gestirne.

Allein durch diese Rectascension wird der Ort eines Gestirns am Himmel noch nicht vollständig angegeben, indem alle andern Himmelskörper, die in demselben Deklinationskreise (Einl. §. 13) mit jenem liegen, auch eine mit ihm gemeinschaftliche Rectascension haben. Es ist daher noch erforderlich, dass der Astronom nebst der Rectascension die Deklination jedes Gestirns durch seine Beobachtungen bestimme, um dadurch die Lage desselben, und zwar gegen den Aequator vollständig anzugeben.

Wir haben zwar bereits oben (*I.* §. 46) gezeigt, wie man zu diesem Zwecke den Quadranten gebrauchen kann, indem man ihn in der Ebene des Meridians aufstellt. Wenn man nämlich die Polhöhe des Beobachtungsortes, nach der ebendort aus einandergesetzten Methode, durch frühere Beobachtungen bereits bestimmt hat, so wird man nur von jeder, in dem Meridian mittelst des Quadranten beobachteten Höhe eines Gestirns die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes subtrahiren, um sofort die gesuchte Deklination des Gestirns zu erhalten. Allein wir haben auch bereits erinnert, dass der Quadrant, selbst der Mauerquadrant, seiner ganzen Einrichtung nach, nicht so verlässliche Resultate darbietet, oder dass er die gesuchten Höhen der Sterne nicht mit der Schärfe zu geben im Stande ist, die man dem gegenwärtigen Bedürfnisse der so sehr verfeinerten Beobachtungskunst angemessen nennen darf.

Man musste daher auf ein anders eingerichtetes Instrument bedacht sein, welches diese Höhe, und dadurch die Deklinationen der Gestirne mit einer grösseren Sicherheit geben kann. Auch dieses Instrument ist von demselben dänischen Astronomen Römer, der das Mittagsrohr erfunden hat, und zwar nahe zu gleicher Zeit ausgedacht worden. Es besteht, um es am einfachsten zu sagen, in einem Mittagsrohre, das mit einem auf das genaueste eingetheilten Kreise, dessen Ebene sich in der Ebene des Meridians befindet, versehen ist.

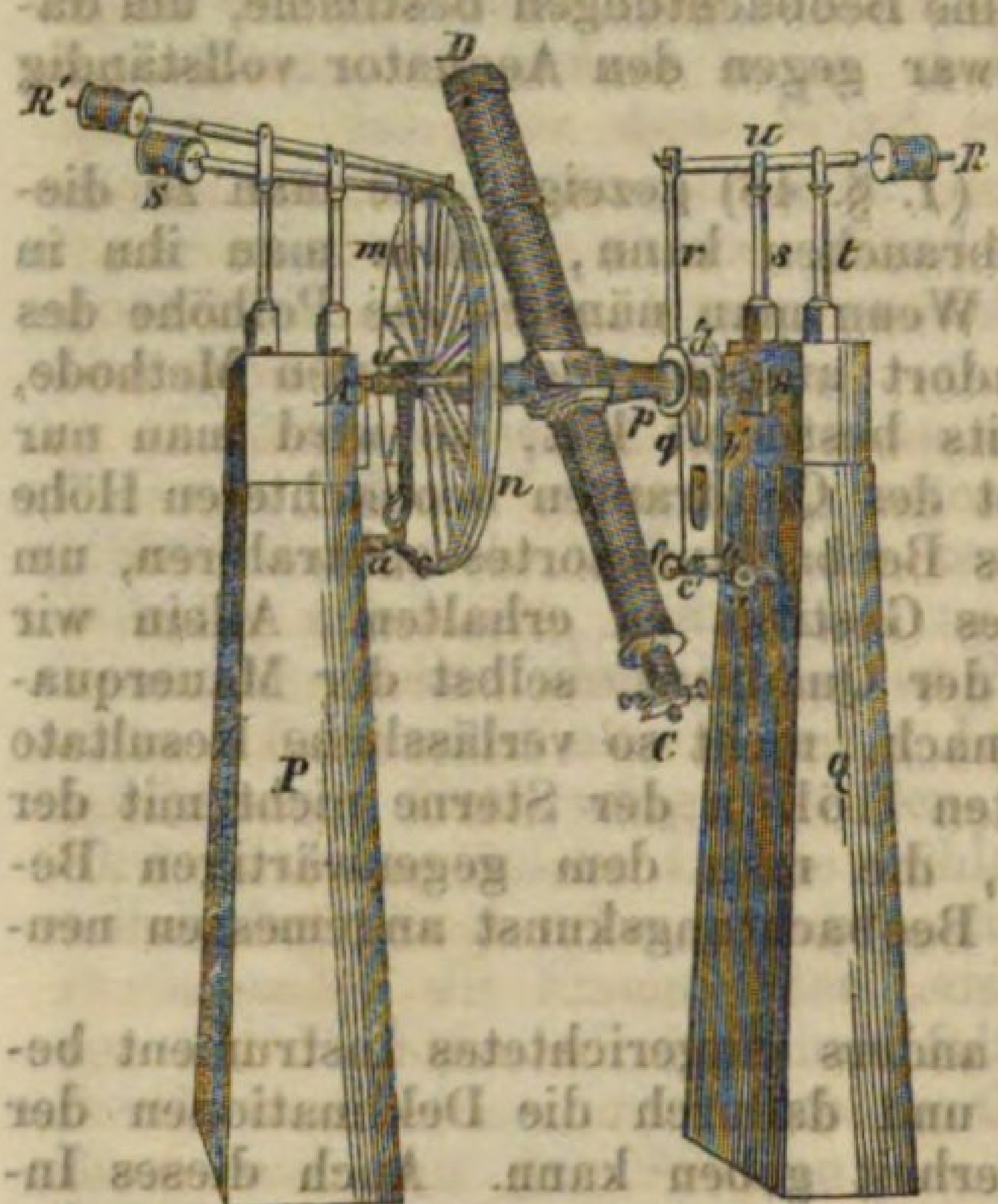
Es wurde oben gesagt, dass an der Drehungsachse *AB* des Mittagsrohrs *CD* (Fig. 118) eine Alhidade *Ao* befestiget ist, die während der Drehung des Fernrohrs auf einem, an dem Pfeiler *P* befestigten Halbkreise *mn* auf und nieder geht, und dass man dadurch die Höhe findet, auf welche man das Fernrohr stellen soll, damit der verlangte Stern im Felde dieses Fernrohrs erscheine. Zu diesem Zwecke war es genug, jenen Kreis nur klein, etwa von einem Fuss Durchmesser zu machen, und seinen Umfang bloss von fünf zu fünf Minuten zu theilen, da man durch diesen Kreis nicht etwa die Höhe der durch den Meridian gehenden Sterne genau messen, sondern überhaupt diese Sterne in das Fernrohr bringen will, um dann die Rectascension derselben genau beobachten zu können. Wollten wir daher auch die Höhen, oder, was für Meridianbeobachtungen dasselbe ist, die Deklinationen dieser Sterne, mit derselben Genauigkeit an diesem Instrumente bestimmen, so dürfte man nur diesen Kreis *mn* grösser machen, genau eintheilen, und überhaupt auf seine Konstruction alle die Sorgfalt verwenden, welche der neue Zweck, zu dem er nun bestimmt ist, nothwendig macht.

Auf diese Weise also entstand der Meridiankreis, den man nach

seinen vorzüglichsten Theilen in der Fig. 126, und zwar so abgebildet sieht, wie man im Allgemeinen in Deutschland dieses Instrument nach Reichenbach's Angabe zu verfertigen pflegt.

Man bemerkt hier wieder, wie bei dem Mittagsrohre, die auf den beiden Pfeilern *P* und *Q* ruhende horizontale Drehungsachse *AB*, in deren Mitte das darauf senkrechte Fernrohr *CD* angebracht ist. Die beiden Enden *A* und *B* dieser Drehungsachse sind mit ihren Pfeilern durch zwei Metallstücke in Verbindung, deren jedes aus zwei starken Platten besteht. Die erste, dem Pfeiler nächste Platte ist unmittelbar an dem Pfeiler fest, und die andere, welche die eigentlichen Lager trägt, auf welchen die cylindrischen Enden der Rotationsachse aufliegen, lassen sich an den ersten Platten durch Schrauben bewegen, und zwar die eine auf und nieder, um dadurch die Rotationsachse mittelst der Libelle horizontal zu stellen, und die andere im Horizonte vor- und rückwärts, um dadurch diese Achse senkrecht auf den Meridian oder das Fernrohr *CD* in die Ebene des Meridians zu bringen.

Fig. 126.



An dem einen Ende der Rotationsachse sind zwei koncentrische, zu dieser Achse senkrechte Kreise *mn* angebracht. Die Peripherien dieser beiden, in einer Ebene liegenden Kreise sind einander so nahe, dass sie sich beinahe berühren, und dass ein unbewaffnetes Auge nur mit Mühe die Grenze unterscheidet, die sie von einander trennt. Der grössere oder äussere dieser beiden Kreise ist an seinem mit Silber eingelegten Limbus in Grade und Minuten eingetheilt, und dieser Kreis ist mit der Rotationsachse fest und unveränderlich verbunden, so dass er sich, wie das Fernrohr, zugleich mit dieser Achse dreht. Der kleinere oder innere Kreis, der auch die Alhidade genannt wird, trägt an vier Orten seines Limbus, von welchen Orten je zwei einander gegenüber stehen, einen Vernier, um dadurch, wie wir weiter unten sehen werden, die Minuten des andern Kreises noch weiter unterzutheilen, so dass man jetzt mit Hülfe beider Kreise unmittelbar zwei Sekunden lesen, und selbst die einzelne Sekunde meistens noch mit Sicherheit schätzen kann. Statt dieses Verniers können wir hier einstweilen eine einfache, feine gerade Linie substituiren, die am Rande des innern Kreises, an vier Orten desselben, in der Richtung des Halbmessers gezogen ist, und mittelst welcher man die Lage des äussern Kreises gegen den festen inneren, auf diesem letzten ablesen kann. Dieser zweite Kreis oder die Alhidade ist nicht wie der erste, an der Drehungsachse *AB*, sondern er ist an dem Pfeiler *P* befestiget, und bleibt daher, auch während der Drehung des ersten Kreises, fest und unveränderlich stehen.

Die Oeffnung im Mittelpunkte dieser Alhidade ist nämlich etwas grösser, als das Ende *A* der Drehungsachse, damit diese frei durch jene Oeffnung gehen kann. Die Befestigung der Alhidade an dem Pfeiler aber wird durch die starke metallene Vorrichtung *ab* bewirkt. Der Theil *a* dieser Vorrichtung ist ein starkes, in den Pfeiler fest eingemachtes Eisenstück, und der Theil *b* ist eine solide Platte von Messing, die an ihrem obersten Theile mit der Alhidade durch Schrauben fest verbunden ist. Beide Theile sind bei *c* mit einander durch eine feine Schraube in Verbindung gebracht. Um sich von der unveränderlichen Lage der Alhidade zu versichern, wird an die Speichen derselben, bei *d*, eine dem Kreise parallele Libelle befestiget. Wenn sich diese Libelle durch irgend eine kleine Verstellung der Alhidade ändert, so wird, durch die erwähnte feine Schraube bei *c*, die Alhidade in ihrer Ebene bewegt, bis die Blase jener Libelle wieder den frühern Ort, also auch die Alhidade selbst wieder ihre erste Stelle einnimmt; kleine, in dieser Beziehung noch erübrigende Fehler werden in Rechnung gebracht.

Eine ähnliche Vorrichtung hat man auch an dem andern Ende *B* der Rotationsachse. Man sieht hier das in dem Pfeiler *Q* befestigte Eisenstück *a'*, und die solide Hülse *b'* von Messing. Diese Hülse umgibt in ihrem obern Theile bei *d'* die Rotationsachse frei, so dass diese ungehindert durch die etwas grössere Oeffnung der Hülse geben kann. Allein durch die Mitte dieser Hülse und längs der Richtung *c'd'* geht eine metallene, oben mit einem Gewinde versehene Stange, deren unteres Ende mit einer geränderten kleinen Scheibe versehen ist, die man bei *h* sieht, mittelst welcher man jene Stange bequem drehen kann. Bewegt man diese Schraube *h* rückwärts, so geht das obere Ende *d'* der Stange herab, und lässt die Rotationsachse ganz frei, daher man jetzt diese Achse mit dem Fernrohr und dem an sie befestigten äussern Kreise frei drehen, und das Fernrohr nahe auf den eben zu beobachtenden Stern so stellen kann, dass er wenigstens in dem Felde des Fernrohrs erscheint. Hat man diess erlangt, so wird man nun noch das Fernrohr sammt seinem äusseren Kreise etwas weniges bewegen müssen, um auch den horizontalen Faden im Brennpunkte des Fernrohrs (vergleiche oben) g a n z g e n a u auf das Gestirn zu stellen. Um diess mit Sicherheit zu bewirken, schraubt man zuerst die Stange durch ihre vertikale Schraube *h* wieder aufwärts, wodurch der obere Theil *d'* dieser Stange an die Rotationsachse angedrückt, und dadurch diese Achse, sammt Kreis und Fernrohr, gleichsam festgestellt wird, und jetzt kann man, mittelst einer anderen feinen, horizontalen Schraube *fc'*, deren geränderter Kopf bei *f* steht, die Platte *c'd'*, also auch die jetzt an sie befestigte Rotationsachse sehr sanft und so lange bewegen, bis der Stern von dem horizontalen Faden des Fernrohrs bedeckt wird. In diesem Zustande liest man den Ort der vier Verniere der Alhidade an dem äussern Kreise ab, und das Mittel aus diesen vier Ablesungen gibt die gesuchte, beobachtete Höhe des Sterns. Statt der Verniere sind häufig Mikroscope im Gebrauche; beide diese Nebenvorrichtungen werden wir weiter unten kennen lernen.

Bei der vorhergehenden Beschreibung des Meridiankreises sind noch mehrere kleine Einrichtungen, der Kürze und der leichteren Uebersicht wegen, übergangen worden, die von dem Künstler an dem Instrumente angebracht wurden, um dadurch die Sicherheit und Bequemlichkeit

der Beobachtungen zu erhöhen. Hier mögen die beiden folgenden Bemerkungen als ein ergänzender Nachtrag des Vorhergehenden genügen. Erstens ist die Rotationsachse ihrer Länge nach, und auch der Pfeiler in der Richtung dieser Achse durchbohrt, um durch eine, an der andern Seite des Pfeilers aufgestellte Lampe das Innere des Fernrohrs zu erhellen, und die feinen Fäden im Brennpunkte desselben, während der nächtlichen Beobachtungen, sichtbar zu machen. Da diese Vorrichtung schon bei der Zeichnung (Fig. 118) des Mittagsrohrs angezeigt wurde, so schien es unnöthig, sie hier zu wiederholen. Zweitens ist es nicht genug, dass ein Instrument irgend einer Art bloss so gut als möglich aus der Hand des Künstlers hervorgeht, es muss auch für längere Zeit, für viele Jahre in seinem ersten guten Zustande bleiben, ohne sich zu früh abzunutzen und dadurch unbrauchbar zu werden. Vor allem wird es nöthig sein, dafür zu sorgen, dass die cylindrischen Enden *A* und *B* der Rotationsachse durch das grosse Gewicht des Instrumentes, bei dem häufigen Gebrauche desselben, nicht abgerieben werden und dadurch ihre ursprüngliche Gestalt verändern, wo dann die Hauptbedingungen der Richtigkeit des Instruments verloren gehen und das Fernrohr sich nicht mehr in der Ebene des Meridians bewegen, sondern bald zu der einen, bald zu der andern Seite von ihm abweichen würde, je nachdem verschiedene Theile dieser abgenützten cylindrischen Zapfen mit ihren Unterlagen in Berührung kommen. Dieses zu verhüten, sind schon die Achsenenden von Stahl, hingegen die Lager, auf denen sie ruhen, von Glockenmetall, da erfahrungsmässig die Abnützung so weit geringer ist, als wenn die einander berührenden Stücke aus demselben Material gefertigt werden — vor allem aber dient zu diesem Zwecke auf der Seite *B* der Achse die metallene Stange *r*, die an ihrem untern Ende in einen Ring ausläuft. Die Oeffnung dieses Rings ist bedeutend grösser, als die Dicke der Achse an diesem Orte und an dem innern Rande dieses Ringes, in dem untern Theile desselben bei *p* und *q* sind zwei kleine kreisförmige Scheiben, sogenannte Frictionsräder angebracht, die sich um ihre Achse bewegen und mit ihrem oberen Theile etwas über die innere Fläche des Rings hervorstehen. Der oberste Theil dieser vertikalen Stange *r* hat eine Oeffnung, in welche das eine Ende einer andern, horizontalen Stange *u* eingreift, während an dem anderen Ende dieser Stange ein daselbst verschiebbares, mit Blei gefülltes Gewicht *R* angebracht ist. Diese Stange wird durch einen Stift *u* gehalten, der durch die auf dem Pfeiler *Q* befestigte Säule *s* getragen wird. Auf diese Weise bilden die beiden Stangen *r* und *u* einen Hebel, dessen Unterlage der Stift *u*, dessen Kraft das Gewicht *R* und dessen Last die Schwere der ihm zugewandten Hälfte des Instruments ist, und man sieht leicht, dass man das Gewicht *R* so lange von dem Unterstützungspunkte *u* entfernen oder demselben nähern kann, bis der von beiden Körpern beschwerte Hebel sehr nahe im Gleichgewichte ist, oder bis das Instrument, statt mit seiner ganzen früheren Last, nur mehr mit einem so geringen Theile derselben auf seinem Lager bei *B* aufliegt, dass es nur eben nicht frei in der Luft schwebt. Dieselbe Vorrichtung sieht man auch an dem andern Ende *A* der Rotationsachse; durch eine gehörige Stellung der beiden Gegengewichte *R* und *R'* werden die vertikalen Stangen *r* so erhöht, dass die oben erwähnten beiden Frictionsrollen *p* und *q* in ihren oberen Theilen den untern Theil der Achse

berühren, und dass nun diese Achse auf den vier Rollen ihrer beiden Hebel, wie auf den Rädern eines Wagens hin und her gedreht werden kann, während das ganze schwere Instrument vielleicht nur mehr mit dem tausendsten Theile seines eigentlichen Gewichtes auf den cylindrischen Endpunkten dieser Achse ruht. Ein ähnliches Gegengewicht sieht man auch in *S*, welches bestimmt ist, die Schwere der auf seiner Seite stehenden Kreise auf dieselbe Art zu balanciren. Da man, wie wir bald sehen werden, dieses Instrument öfters umkehren muss, so dass diese Kreise bald auf der Seite des Pfeilers *P*, bald auf jener von *Q* zu liegen kommen, so muss jeder Pfeiler zwei Säulen tragen, von welchen die eine *s* für die Achse und die andere *t* für die beiden Kreise bestimmt ist.

§. 30. (Rectifikation des Meridiankreises.) Da dieses Instrument nicht nur die Rectascensionen, wie das Mittagsrohr, dem es so ähnlich ist, sondern auch die Höhen der Gestirne, während ihres Durchganges durch den Meridian, anzeigen soll, so werden, für die Rectifikation desselben, zuerst alle diejenigen Vorschriften gelten, die wir schon oben §. 17—20 bei dem Mittagsrohre angeführt haben und die daher hier keiner neuen Aufzählung bedürfen.

Die beim Meridiankreise noch hinzukommenden Korrectionen wegen nicht völlig koncentrischer Lage von Alhidade und Limbus, wegen der Theilungsfehler u. s. w. gehören grösstentheils bei der heutigen Vollendung solcher Instrumente nur in den Bereich der genauesten Beobachtungen, und eignen sich nicht, hier näher erörtert zu werden. Die Hauptverbesserung dieser Art, nämlich das Erhalten der Alhidade in unverrückter Stellung, ist oben schon erwähnt.

§. 31. (Gebrauch des Meridiankreises.) Da dieses Instrument, wie bereits gesagt, zugleich ein Mittagsrohr ist, so wird man die Beobachtungen der Durchgänge der Sterne an den vertikalen Fäden des Fernrohrs ganz ebenso anstellen, wie oben (§. 21) bei dem Mittagsrohre gesagt wurde, und dadurch entweder die Korrection der Uhr, wenn die Rectascension des Sterns bekannt ist, oder diese Rectascension finden, wenn der Stand und Gang der Uhr bereits durch andere Beobachtungen an diesem Instrumente gegeben ist.

Allein der Meridiankreis soll, nebst den Rectascensionen, auch die Höhen der durch ihn in dem Meridian beobachteten Gestirne geben, zu welchem Zwecke er mit dem oben beschriebenen, auf seine Drehungsachse senkrechten und auf das Genaueste eingetheilten Kreise versehen ist. Wenn nun der Nullpunkt des Kreises, wo die auf ihm verzeichnete Reihe der Grade eben anfängt, von dem Künstler schon genau in denjenigen Punkt der Peripherie gesetzt wäre, der bei dem zwischen seinen Pfeilern aufgestellten Kreise dem Horizonte entspricht, wenn nämlich derjenige Durchmesser desselben, der durch die Punkte 0^0 und 180^0 geht, in dem Horizonte läge, und daher der durch 90^0 und 270^0 gehende Durchmesser auf dem Horizonte senkrecht stünde, so würde man nur den horizontalen Faden des Fernrohrs auf den durch den Meridian gehenden Stern stellen, und die Verniere des Kreises ablesen, um auch sofort die gesuchte Meridianhöhe des Sterns zu erhalten. Allein der Künstler hat das nicht gethan und kann es auch nicht thun, er kann diess so wenig, dass er jenen Nullpunkt der Theilung willkürlich wählen und es dem Beobachter überlassen muss, zu suchen, wie viel er

ihn unrecht genommen hat. Man pflegt diess den Kollimationsfehler des Instruments zu nennen, so dass also, wenn der eigentliche Horizontalpunkt des Kreises, nicht wie er sollte, auf 0°, sondern z. B. auf 0° 20′ 30″ fallen sollte, der Kollimationsfehler desselben gleich diesem Bogen sein würde, wo man also dann von jeder an dem Instrumente abgelesenen Höhe nur wieder diesen konstanten Fehler 0° 20′ 30″ zu subtrahiren hätte, um sofort die wahre beobachtete Höhe zu erhalten.

Wie findet man aber diesen Kollimationsfehler? — Die Frage ist für den Beobachter von der grössten Wichtigkeit, da man, ohne die Kenntniss dieses Fehlers, wie man sieht, eigentlich gar nicht beobachten kann.

§. 32. (Den Horizontalpunkt des Kreises zu finden.) Ein Mittel zu diesem Zwecke bieten sogenannte künstliche Horizonte, d. h. genau horizontale spiegelnde Flächen, wozu man besonders hier am besten mit Quecksilber gefüllte Gefässe wählt, in denen die spiegelnde Fläche nur einfach und schon von Natur wagrecht ist.

Beobachtet man nämlich ein Gestirn zur Zeit seiner Kulmination zuerst unmittelbar, indem man das Fernrohr auf die gewöhnliche Weise auf dasselbe richtet, und beobachtet man es auch in dem Spiegel eines Quecksilberhorizontes, indem man das Fernrohr auf das Bild des Gestirnes in diesem Spiegel stellt, so erhält man dadurch einen von dem Fernrohre auf den eingetheilten Limbus des Kreises durchlaufenen Bogen, der genau gleich der doppelten Höhe des Gestirns über dem Horizonte des Beobachters ist, so dass also die Mitte dieses Bogens der gesuchte Horizontalpunkt des Kreises sein wird; denn nach dem bekannten optischen Gesetze steht bei ebenen Spiegeln das Bild eines Gegenstandes genau ebenso weit hinter der Spiegelebene (also hier unter dem Horizonte) als der Gegenstand vor derselben (also hier über dem Horizonte). Hätte man z. B. die directe Höhe eines Sterns gleich 102°, und die im Spiegel reflektirte gleich 48° gefunden, so würde die wahre Höhe desselben gleich der halben Differenz dieser Zahlen oder gleich 27°, und der Kollimationsfehler gleich der halben Summe derselben oder gleich 75° sein, so dass man also von jeder an diesem Instrumente direct beobachteten Höhe den Kollimationsfehler 75° subtrahiren muss, um die wahre Höhe des Gestirns zu erhalten.

Ohne Hülfe eines solchen Spiegels kann man den Kollimationsfehler des Kreises auch dadurch finden, dass man ein Gestirn zweimal direkt, aber in verkehrten Lagen des Kreises beobachtet. Gesetzt, man hätte in der ersten Lage des Instruments, wo der Kreis *mn* z. B. gen Ost oder an der Seite des östlichen Pfeilers *P* stand, wenn man den horizontalen Faden des Fernrohrs auf ein Gestirn richtet, an dem Kreise die Zahl 40° 13′ 10″ gelesen. Man hebe dann das Instrument aus seinen Lagern *A* und *B*, stelle es in verkehrte Richtung, so dass der Kreis *mn* jetzt auf den westlichen Pfeiler *Q* kommt, und bringe den Faden des Fernrohrs wieder auf denselben Stern, wo dann der Kreis 44° 32′ 20″ zeigen soll. Man sieht, dass das Fernrohr zwischen diesen beiden Beobachtungen auf seinem Kreise einen Bogen durchlaufen hat, der gleich ist der doppelten Zenithdistanz dieses Sterns, und dass daher die Mitte dieses Bogens dem wahren Zenithpunkte des Beobachters entspricht. Nimmt man also die halbe Differenz dieser beiden Zahlen,

so erhält man den Kollimationsfehler gleich 2° 9′ 35″, und diese Zahl ist es, die man zu allen Beobachtungen, wo der Kreis östlich steht, addiren und von allen, wo der Kreis westlich steht, subtrahiren muss, um die wahre Zenithdistanz des Gestirns zu erhalten, die demnach hier gleich 42° 22′ 45″ oder gleich der halben Summe jener beiden ersten Zahlen ist.

Da in beiden Beobachtungen der Stern denselben Ort am Himmel einnehmen, also im Meridian sein muss, und da jeder Stern, wegen der täglichen Bewegung des Himmels nur einen Augenblick im Meridian ist, so wird man jene zwei Beobachtungen an zwei verschiedenen Tagen, zur Zeit der Kulmination des Sterns, anstellen. Wenn man aber das Instrument schnell genug umkehren kann, um das Gestirn in beiden Lagen des Kreises noch im Fernrohre sehen zu können, was z. B. bei dem sich sehr langsam bewegenden Polarstern statthat, so kann man diese beiden Beobachtungen auch schon an einem einzigen Tage und in wenigen Minuten vollenden. Zwar beobachtet man dann beide Male den Stern nicht in, sondern ausser dem Meridian und in unter sich verschiedenen Höhen; aber da die Gestirne in der Nähe des Meridians ihre Höhe nur sehr wenig ändern, so kann man diese Aenderung ihrer Höhe bis zu ihrer Meridianhöhe sehr leicht und sicher berechnen, und selbst ohne alle Rechnung unmittelbar aus den Beobachtungen ableiten. Ein Beispiel wird diess sogleich deutlich machen.

Gesetzt, man hätte einen Stern zweimal in der östlichen und eben so oft in der westlichen Stellung des Kreises zu folgenden Sternzeiten beobachtet:

	Sternzeit.			Beobachtete Zenithdistanz des Sterns.		
Kreis Ost . . .	18^h	57^m	11^s	40°	0′	39″
	18	58	48	39	59	54
Kreis West . .	19	1	24	43	34	23
	19	3	20	43	33	30

Diese vier Beobachtungen sind zwar zu verschiedenen Zeiten gemacht worden, wo also auch der Stern verschiedene Höhen hatte, so dass diese Beobachtungen unmittelbar unter einander nicht verglichen werden können. Diess könnten sie nur, wenn alle vier in einem und demselben Augenblicke z. B., um die Mitte aus allen jenen vier Sternzeiten, also um die Sternzeit 19^h 0^m 11^s beobachtet wären. Allein auf diese Zeit lassen sich jene Beobachtungen leicht zurückführen, da aus ihnen selbst die Veränderung der Zenithdistanzen des Sterns für jede gegebene Zeit hervorgeht. Die beiden ersten zeigen z. B., dass in der Zeit von 1^m 37^s die Zenithdistanz um 45″ abgenommen hat, also wird sie auch in einer Zeitminute um 27″.3 abnehmen. Ebenso zeigen die beiden letzten, dass in der Zeit von 1^m 56^s die Zenithdistanz um 53″ abnimmt, also wird sie auch in einer Zeitminute um 27″.5 abnehmen. Wir können daher, im Mittel aus allen vier Beobachtungen, annehmen, dass die Zenithdistanz des Sterns in einer Zeitminute um 27″.4 abnimmt.

Allein die erste Beobachtung ist von jener imaginären mittleren, die um 19^h 0^m 11^s angestellt sein soll, um 3.0, die zweite um 1.38, die dritte um 1.22, und die vierte endlich um 3.15 Zeitminuten entfernt. Multiplicirt man also diese vier Zahlen durch 27.4, so erhält man die Reductionen, die man an die vier beobachteten Zenithdistanzen anbrin-

gen muss, um sie alle auf jene imaginäre um $19^h\ 0^m\ 11^s$ angestellte Zenithdistanz zu bringen. Man hat so

Beob. Zenithdistanz.	Reduction.	imag. Zenithdistanz.	
I. 40° 0′ 39″	1′ 22″.2	39° 59′ 16″.8	Kreis Ost.
II. 39 59 54	0 37.8	39 59 16.2	
III. 43 34 23	0 33.4	43 34 56.4	Kreis West.
IV. 43 33 30	1 26.3	43 34 56.3	

Wir erhalten demnach im Mittel aus je zwei Beobachtungen folgende zwei, in demselben Augenblicke statthabende Zenithdistanzen des Sterns

Kreis Ost 39° 59′ 16″.5
Kreis West . . . 43 34 56.3

und von diesen beiden Zahlen gibt daher wieder, wie zuvor, die halbe Differenz derselben den gesuchten Kollimationsfehler des Kreises, der gleich 1° 47′ 49″.9 ist, und die halbe Summe gibt die wahre Zenithdistanz des Sterns gleich 41° 47′ 6″.4.

Dieses Verfahren, den Kollimationsfehler zu bestimmen, ist sehr brauchbar bei solchen Kreisen, die sich schnell umwenden lassen, und sie gibt zugleich sehr genaue Resultate, wenn man in beiden Lagen des Instruments mehrere Beobachtungen anstellt und aus ihnen allen das Mittel nimmt.

§. 33. (Den Polpunkt des Kreises zu finden.) Wie man aber in dem Vorhergehenden den Horizontalpunkt oder, was dasselbe ist, den Zenithpunkt des Kreises bestimmte, um zu wissen, von welchem Punkte des eingetheilten Limbus man die Höhen oder die Zenithdistanzen zu zählen hat, ebenso kann man auch an dem Kreise denjenigen Punkt bestimmen, welcher dem Pole des Aequators am Himmel entspricht, wo man dann alle Beobachtungen der Sterne auf diesen Instrumentalpolpunkt beziehen und sonach unmittelbar die Poldistanzen (Einl. §. 13) dieser Sterne erhalten wird.

Diesen Polpunkt wird man am besten durch die Beobachtung der Circumpolarsterne in ihren beiden Kulminationen bestimmen können. Steht nämlich der Kreis *mn* auf der Westseite und nennt man h und h' die beiden Zahlen, bei welchen das Fernrohr zur Zeit der oberen und der unteren Kulmination stand, so ist die Zahl des Kreises, die dem Polpunkte entspricht, oder der Polpunkt des Instruments gleich $h - p$ für die obere, und gleich $h' + p$ für die untere Kulmination, wo p die Poldistanz des beobachteten Sterns bezeichnet, und wo bei den Grössen h und h' schon auf die Verbesserung wegen Refraktion Rücksicht genommen ist.

Wenn aber der Kreis auf der Ostseite des Fernrohrs ist, und man hier k und k' die beiden Ablesungen nennt, so ist der gesuchte Polpunkt des Kreises gleich $k + p$ in der oberen und $k - p$ in der unteren Kulmination.

Daraus folgt also, dass man, selbst ohne die Poldistanz p des Sterns zu kennen, nur die halbe Summe der Grössen h und h' beider Kulminationen bei der westlichen Stellung, oder die halbe Summe der Grössen k und k' bei der östlichen Stellung des Kreises zu nehmen braucht, um sofort den Polpunkt des Instrumentes zu erhalten. Nehmen wir an, um diess durch ein Beispiel deutlich zu machen, man hätte bei der westlichen Lage des Kreises in der oberen Kulmination

$h = 318^0\ 15'$, und in der unteren $h' = 315^0\ 1'$ gefunden, so ist der Polpunkt des Instruments in dieser Lage $316^0\ 38'$, oder man muss von allen in dieser Lage des Kreises gemachten Beobachtungen die Grösse $316^0\ 38'$ subtrahiren, um die Poldistanz des beobachteten Sterns zu erhalten.

Hätte man eben so bei der östlichen Lage des Kreises in der oberen Kulmination $k = 40^0\ 12'$, und in der unteren $k' = 43^0\ 26'$ gefunden, so würde der Polpunkt des Instruments für diese Lage $41^0\ 49'$ sein, oder man wird von allen in dieser Lage des Kreises gemachten Beobachtungen die Grösse $41^0\ 49'$ subtrahiren, um die Poldistanzen der beobachteten Gestirne zu erhalten.

So wie also zuvor (§. 32) der Zenithpunkt des Kreises durch die Umkehrung desselben von Ost nach West oder durch die Beobachtung desselben Sterns in verkehrten Lagen des Instruments gefunden wurde, so wird auch hier der Polpunkt durch die Beobachtung der beiden Kulminationen desselben Sterns bestimmt. Da nun hier, in unserem Beispiele, beide Kulminationen nicht nur in der einen, sondern auch in der anderen Lage des Instruments beobachtet sind, so erhält man dadurch die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, die nämlich gleich der halben Differenz der Grössen $41^0\ 49'$ und $316^0\ 38'$ oder gleich $42^0\ 35'.5$ ist. Auch die Poldistanz des so beobachteten Sterns findet man unmittelbar aus den vier erhaltenen Zahlen, indem sie gleich der halben Differenz der Zahlen h und h', oder auch der Zahlen k und k', also hier gleich $1^0\ 37'$ ist. Die Uebereinstimmung zwischen diesen beiden Differenzen wird zugleich ein Beweis für die Richtigkeit der vier Beobachtungen und der daraus abgeleiteten Werthe der beiden Polpunkte sein.

§. 34. (Kollimator.) Noch ein anderes Mittel, den Zenithpunkt des Kreises zu finden, muss seiner Vorzüglichkeit wegen hier erwähnt werden. Es ist dieses der von dem Kapitän Kater in England vorgeschlagene Kollimator. Dieser besteht in einem kleinen Fernrohre, welches in seinem Brennpunkte mit einem Kreuzfaden versehen und nahe senkrecht auf einem in seiner Mitte durchbrochenen eisernen Teller befestigt ist, durch dessen Oeffnung das Fernrohr geht. Dieser Teller wird auf, in einem Gefässe enthaltenem Quecksilber frei schwimmend erhalten und das Rohr so gestellt, dass das Objektiv desselben den höchsten Punkt einnimmt, während das Ocular, oder vielmehr, nach weggenommenem Ocular, der Kreuzfaden desselben, mittelst eines Planspiegels, durch eine nebenstehende Lampe erleuchtet wird. Bringt man diese Vorrichtung unter den Mittelpunkt des Fernrohrs des Meridiankreises, und stellt man dieses letzte Fernrohr nahe senkrecht, so dass das Objektiv desselben den tiefsten Punkt einnimmt, so kann man durch das so gestellte Kreisrohr den Kreuzfaden des Kollimators erblicken, und dann durch eine kleine Bewegung des Kreisrohrs die Fäden beider Fernröhre genau auf einander bringen. In dieser Stellung des Kreisrohrs liest man seine Lage an dem Limbus des Kreises ab.

Dreht man nun den immer auf dem Quecksilber schwimmenden Teller des Kollimators im Horizonte um 180 Grade, so dass die westliche Seite des Tellers jetzt auf die östliche kommt, bringt wieder durch eine kleine Bewegung des Kreisrohrs die Fäden beider Fernröhre genau auf einander, und liest auch in dieser zweiten Lage den Kreis ab, so

gibt die halbe Summe der beiden Ablesungen an dem Meridiankreise sofort den Nadirpunkt (Einl. §. 8) des Kreises, der dann, um 180° vermehrt oder vermindert, der gesuchte Zenithpunkt desselben sein wird.

Dabei wird vorausgesetzt, dass das kleine Fernrohr des Kollimators wenigstens nahe senkrecht auf der horizontalen Fläche des Quecksilbers sei. Man kann dieses leicht durch kleine Gewichte erreichen, die man in verschiedenen Punkten des eisernen Tellers auflegt und daselbst verschiebt. Wenn auf diese Weise das Fernrohr des Kollimators auch nur nahe senkrecht gestellt ist, so wird die optische Achse dieses Fernrohrs, bei der erwähnten Drehung des Tellers um 180 Grade, die Oberfläche eines sehr spitzen Kegels beschreiben, von dessen kreisförmiger Basis man, durch jenes Verfahren, zwei einander genau gegenüberstehende Punkte beobachtet, in deren Mitte, als in dem Mittelpunkte dieser Basis, die auf dem Quecksilber vertikal stehende, also nach dem Zenithe des Beobachters gehende Linie liegen muss, daher man auch die Mitte der beiden Ablesungen am Kreise zu nehmen hat, um den gesuchten Zenithpunkt desselben zu erhalten.

Uebrigens muss der Kreuzfaden des Kollimators genau in dem Brennpunkte seines Objektivs liegen, was man durch das oben (§. 17) erklärte Verfahren leicht erreichen wird, weil man sonst diesen Kreuzfaden durch das grosse Fernrohr des Kreises nicht deutlich sehen kann. Eine kleine äussere Schraube, die den die Kreuzfäden tragenden Ring in der Ebene dieses Ringes dreht, wird dazu dienen, diese Fäden mit dem horizontalen Faden des Kreisrohrs nahe parallel zu stellen.

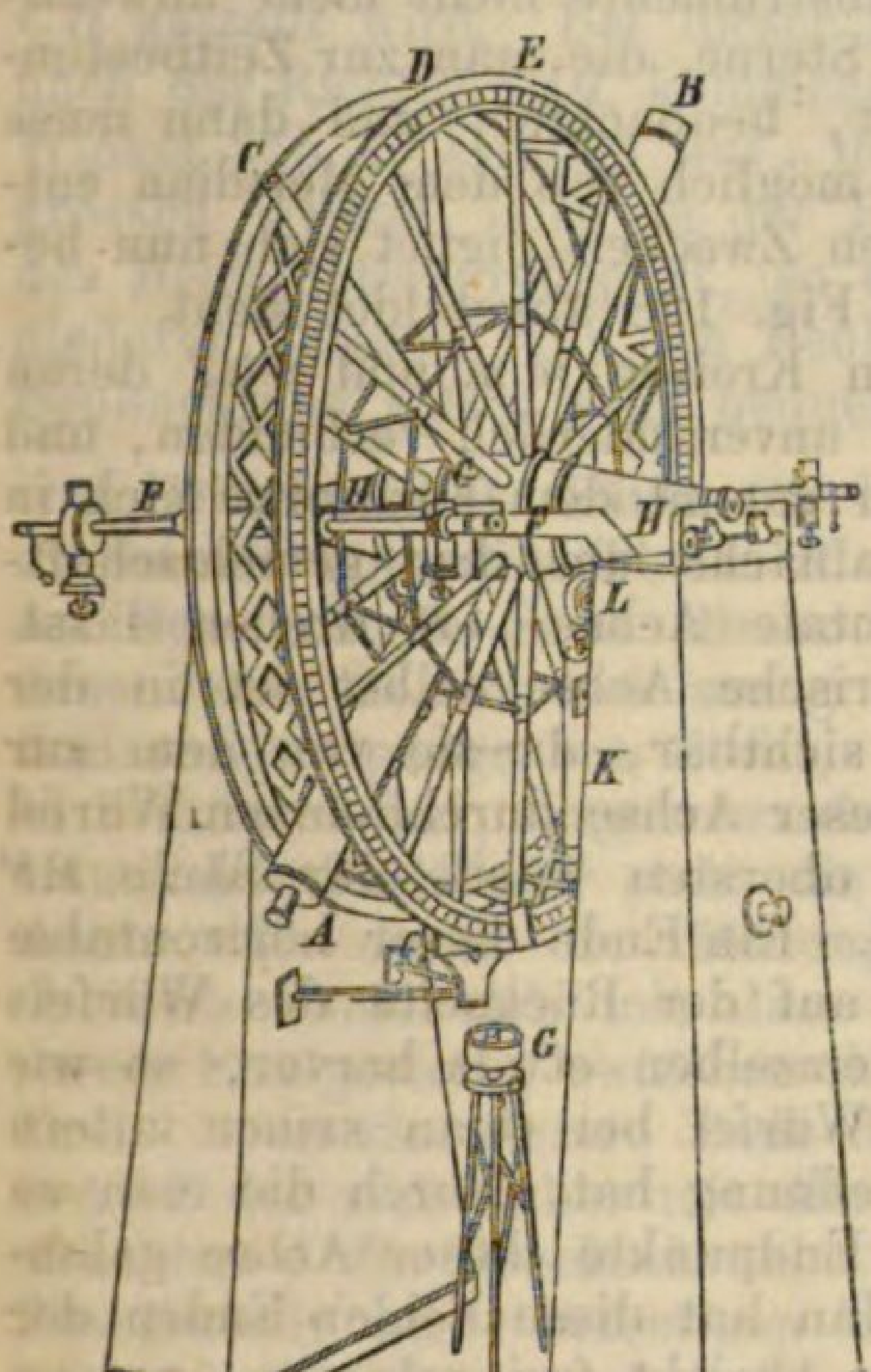
Man sieht, dass der eigentliche Zweck des Kollimators ist, uns den Stellvertreter eines Fixsterns zu geben, der in einem sehr kleinen Kreise sich bewegt, dessen Mittelpunkt das Zenith oder eigentlich das Nadir des Beobachters ist. Wenn man die Zenithdistanz dieses Sterns in den beiden Punkten seines Kreises beobachtet, die dem Süd- und Nordpunkte des Himmels am nächsten liegen, und wenn man dann die Mitte der beiden Ablesungen nimmt, so erhält man dadurch den Punkt des Instrumentalkreises, der dem Zenithe entspricht.

§. 35. (Verschiedene Meridiankreise.) Obschon die von Römer vorgeschlagenen ganzen Kreise unbezweifelte und auch gleich anfangs allgemein anerkannte Vorzüge vor den Quadranten besitzen, so konnten sie doch die Künstler lange Zeit nicht mit derjenigen Genauigkeit verfertigen, welche den Wünschen der Beobachter zu entsprechen im Stande gewesen wäre. Aus dieser Ursache blieb auch der Mauerquadrant, in Verbindung mit dem Zenithsector, bis nahe zu dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts das einzige oder doch das vorzüglichste Instrument zur Beobachtung der Zenithdistanzen der Gestirne.

Die ersten ganz gelungenen grösseren Vollkreise wurden von Ramsden zu Stande gebracht, aber zunächst auf Instrumente angewendet, die man nicht bloss im Meridiane, sondern in jedem Vertikal brauchen und mit denen man nicht nur Höhen, sondern auch Azimuthe messen konnte. Wir werden auf diese Instrumente weiter unten (§. 40) zurückkommen, hier genüge die Bemerkung, dass dieselben eben des Vorsprunges wegen, den sie zufällig in der Ausstattung mit Vollkreisen gewonnen hatten, eine Weile die eigentlichen, fixen Meridian-Instrumente verdrängten, und denn in der That auch für ihre Zeit ausserordentlich wichtige Dienste geleistet haben.

Im Jahre 1812 vollendete Troughton den ersten sogenannten Mauerkreis *(mural circle)*, der auf der Sternwarte in Greenwich aufgestellt wurde, später vielfache Nachahmung in England und Frankreich erfuhr, und in der Geschichte der beobachtenden Astronomie Epoche machte. Dieser in dem Meridian aufgestellte Kreis ist noch nach Art des Mauerquadranten mit der Rückseite an einem soliden Pfeiler von Mauerwerk befestigt, welcher Pfeiler auch die Verniere oder Mikroscope trägt, durch welche die Ablesungen an den Kreisen geschehen. Man sieht, dass ein solcher Kreis eine ungemein solide Aufstellung gewährt. Dafür können aber diese Mauerkreise nicht umgewendet werden, während im Gegentheile die Reichenbach'schen Meridiankreise sich sehr leicht umwenden lassen, was für viele Korrektionen dieser Instrumente ein wesentlicher Vortheil ist, den man an den englischen Mauerkreisen durch künstliche Horizonte und Kollimatoren zu ersetzen suchte. Die einseitige Befestigung an der Mauer scheint überdiess schädliche Spannungen u. dgl. zu bewirken. Pond lieferte mit solchen Instrumenten vortreffliche Deklinations-Bestimmungen, zog es aber immer vor, Rectascensionen am Mittagsrohre zu beobachten. Später nahm man in England den Meridiankreis an, gab demselben jedoch eine veränderte Gestalt, die man in Fig. 127 abgebildet sieht. Man wird, nach der bereits vorausgegangenen Erklärung des deutschen Kreises, das Allgemeine dieser Veränderung schon bei dem ersten Anblicke der Zeichnung übersehen. Das Fernrohr AB ist zwischen zwei parallelen, unter einander verbundenen Kreisen D, E befestiget. Diese Kreise, deren jeder seine Eintheilung trägt, drehen sich zugleich mit dem Fernrohre um die horizontale Achse HH, und die Grösse der Drehung wird durch die vier Mikroscope F, F abgelesen, die an den beiden Mauerpfeilern befestiget sind, auf welchen das ganze Instrument steht. Senkrecht auf das Fernrohr ist eine Röhre CC in der Mitte der Achse HH befestiget, in welcher, bei der horizontalen Stellung des Fernrohrs, das Bleiloth hängt, dessen unteres Gewicht in dem Gefäss G in Wasser geht, um die Oscillationen des Gewichts, die durch Luftzug entstehen könnten, zu vermindern. Ein fernerer Unterschied von den Reichenbach'schen Kreisen besteht in dem Mangel der Gegengewichte. Die Verminderung der Reibung wird hier durch Frictionsrollen L hervorgebracht, die in an den Pfeilern festen Gehäusen K auf federnden Unterlagen stehen, und so den Druck der Achse HH auf ihre Lager verringern. Endlich bestehen die eigentlichen Kreise hier wie man sieht aus vielen einzelnen bloss

Fig. 127.



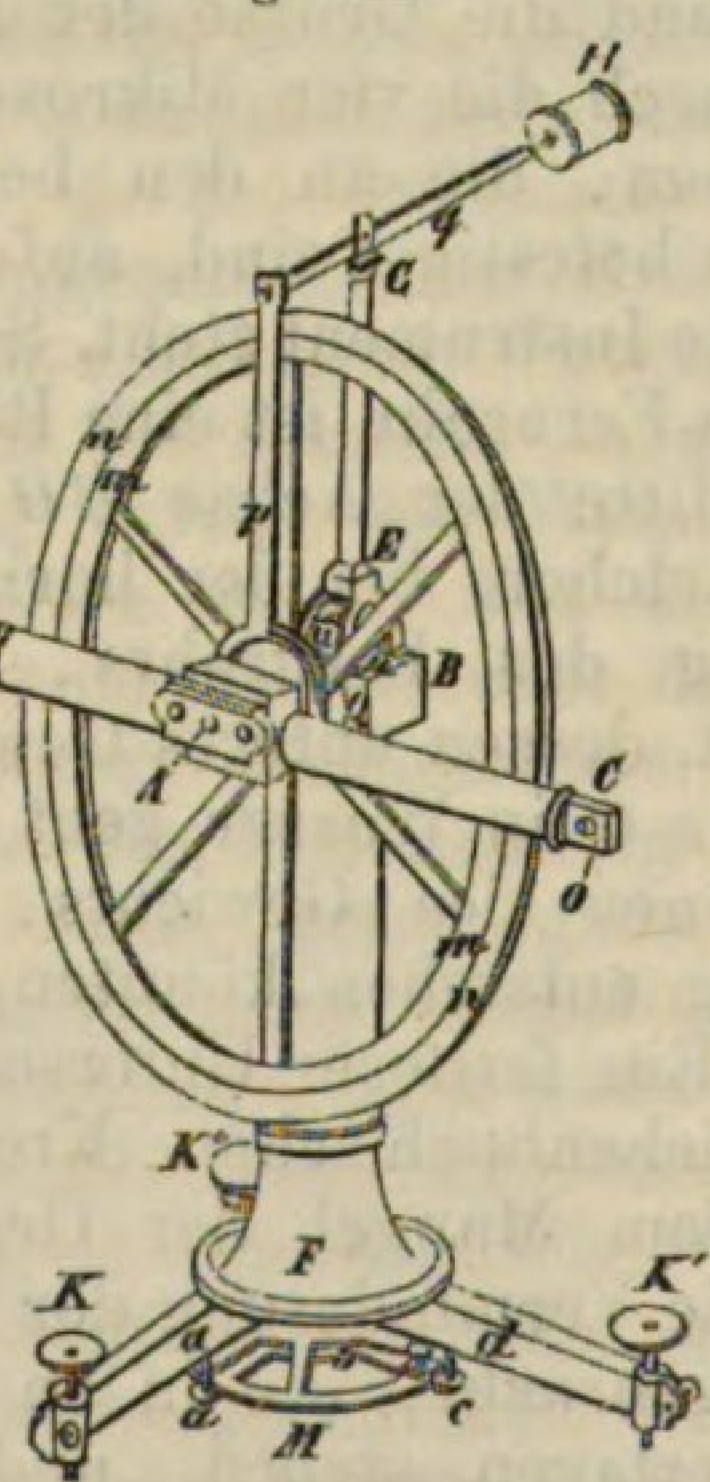
durch Schrauben zusammengehaltenen Theilen, während Limbus so wie Alhidade bei **Reichenbach** aus einem Stücke gegossen sind. So viele Verbesserungen diese englischen Instrumente in neuester Zeit auch erfuhren, so fanden sie doch nie in andern Ländern irgend ausgebreiteteren Eingang. Hingegen hat sich die Reichenbach'sche, später durch **Pistor** und die beiden **Repsold** vervollkommnete Konstruction seit etwa 30 Jahren an vielen Sternwarten des Kontinentes durch eine grosse Zahl trefflicher Bestimmungen der Poldistanzen sowohl als Rectascensionen zur Genüge bewährt.

§. 36. **(Höhenkreise.)** Die bisher betrachteten Meridiankreise sind, wie schon ihre Benennung zeigt, nur zu solchen Beobachtungen bestimmt, die in der Ebene des Meridians vorgenommen werden. Da sie aus dieser Ursache einen fixen Stand haben, so werden sie auch gewöhnlich in grösseren Dimensionen verfertiget, wie denn die Durchmesser dieser Kreise in Deutschland bis drei, in England aber selbst bis sechs und mehr Fuss halten. Diese mit so viel Sorgfalt gebauten und so sicher aufgestellten Meridian-Instrumente sind es eigentlich, welche den Werth einer Sternwarte konstituiren, und sie werden daher auch immer dort angewendet, wo man in den Beobachtungen eine vorzügliche Genauigkeit verlangt.

Aber es gibt auch öfters Fälle, wo man ausser dem Meridian beobachten muss, und dann sind jene Instrumente nicht mehr anwendbar. Vorzüglich sind es die Höhen der Sterne, die man zur Zeitbestimmung, wenn man kein Mittagsrohr hat, beobachtet, und dann muss man dieselben absichtlich so weit als möglich von dem Meridian entfernt nehmen. Zu diesen und ähnlichen Zwecken eignet sich nun besonders der **Höhenkreis**, den man in Fig. 128 abgebildet sieht.

Er besteht in zwei koncentrischen Kreisen *mm* und *nn*, deren äusserer *nn* mit dem Fussgestelle *FQB* unveränderlich verbunden, und

Fig. 128.



deren innerer sammt dem Fernrohre sich in einer Vertikalfläche um ihre gemeinschaftliche horizontale Achse *AB* drehen lässt. Diese cylindrische Achse selbst ist in der Figur nicht sichtbar, da sie von dem zur Aufnahme dieser Achse durchbohrten Würfel *B*, an dem obersten Theile der Säule *EF* bedeckt wird. Ein Ende dieser horizontalen Achse steht auf der Rückseite des Würfels bei *B* aus demselben etwas hervor, so wie auch dieser Würfel bei *Q* an seiner untern Seite eine Oeffnung hat, durch die man zu dem andern Endpunkte dieser Achse gelangen kann. Man hat diese beiden Enden der Achse in der Absicht frei gelassen, um an sie die Haken einer Hänglibelle anbringen zu können, durch die man, wie man bald sehen wird, diese Achse genau horizontal, also auch die Ebene der beiden Kreise *m* und *n* genau vertikal stellen kann, da diese Kreise von dem Künstler schon auf der Drehbank vollkommen senkrecht auf ihre Achsen gestellt werden. Damit übrigens diese Kreise nicht einseitig

drücken, so wie um die Reibung der Achse in ihrer Hülse, und des inneren Kreises im äussern zu vermindern, ist ein mit Blei gefülltes Gegengewicht bei *B* auf der andern Seite der Achse und ein zweites bei *H* angebracht, welches durch den Hebel *pq*, dessen Unterstützungspunkt die Säule *EG* ist, jenes von den Kreisen abwärts gedrückte Ende *Q* der Achse, beinahe eben so viel aufwärts hebt.

Senkrecht auf dieser horizontalen Achse *AB* steht das Fernrohr *CD*, wo *C* das Ocular und *D* das Objektiv ist. Dieses Fernrohr ist mit dem inneren Kreise *mm* fest verbunden, und kann nur mit diesem Kreise zugleich vertikal auf und ab bewegt werden. Der äussere Kreis *nn* ist in Grade und Minuten eingetheilt, oder er trägt die Theilung, und der innere das Fernrohr und die Verniere. Das Fernrohr hat gegen seine Mitte bei *A* eine mit einem Schieber versehene Oeffnung, durch welche man das Licht einer Lampe in das Innere des Rohrs fallen lässt, um so die Fäden im Brennpunkte bei *C* zur Nachtzeit zu sehen. Da die Beobachtung sehr hoch oder nahe am Zenithe stehender Sterne bei diesem Baue des Instruments beschwerlich, wo nicht unmöglich wäre, weil dann das Fernrohr in die vertikale Lage *FQ* kommt, so ist im Innern desselben bei *C* ein kleiner Planspiegel angebracht, dessen Ebene mit der optischen Achse *CD* des Fernrohrs einen Winkel von 45 Graden macht, wo dann die Ocularröhre *O* senkrecht auf diese Achse *CD* gestellt wird. Bei dieser Einrichtung fallen die von dem Gestirne nach der Richtung *DC* kommenden Strahlen auf den Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden auf, und werden von ihm unter einem ebenso grossen Winkel, also in der Richtung der Ocularröhre *O* in das Auge des Beobachters reflectirt, so dass der Gesichtsstrahl aller, hoher und niederer, Sterne, für den Beobachter immer eine horizontale, also zur Beobachtung selbst sehr bequeme Lage hat.

Die vertikale Säule *FQ* besteht aus einem hohlen Cylinder, der an seinem untersten Theile *F* auf drei starken Füssen *K* befestiget ist. An der unteren Seite dieser Füsse wird durch drei Schrauben, von denen man in der Zeichnung nur die zwei *a* und *c* sehen kann, eine dreiarmige Spange von Stahl, von welchen nur die zwei Theile *ab* und *bc* sichtbar sind, angeschraubt, und auf der Mitte *b* dieser starken, elastischen Stahlfeder steht die eigentliche vertikale Achse des Instruments, die durch die Höhlung des Cylinders *FQ* geht und an ihrem obersten Ende sich mit dem Würfel *QB* verbindet. Noch ist unter jenem Fussgestelle, zwischen ihm und der Stahlspange, ein horizontaler Kreis *M* an das untere Ende der vertikalen Achse des Instruments befestigt, der sich daher mit dieser Achse um den Würfel *QB* dreht. Man sieht bei *d* die Druckschraube, mit welcher man diesen Kreis an das Fussgestelle bei *c* befestigen kann. Eben daselbst ist auch ein Index oder ein Vernier an dem Fussgestelle angebracht, durch dessen Hülfe man diesen horizontalen Kreis auf einen bestimmten Punkt im Horizonte, also auch die Vertikalkreise *m* und *n* in ein bestimmtes Azimuth stellen kann. Um der unverrückten Stellung des Limbus versichert zu sein, oder doch jede wesentliche Aenderung desselben in Rechnung ziehen zu können, wird man an seinen oberen Speichen eine Libelle befestigen, wie wir diess schon oben (§. 29) beim Meridiankreise sahen.

§. 37. (Beobachtungen mit dem Höhenkreise.) Kann man voraussetzen, dass die Ebene der beiden Kreise vollkommen vertikal, und dass die optische Achse des Fernrohrs zu dieser Kreisebene parallel ist, so wird man, um die Höhe oder die Zenithdistanz eines Sterns zu beobachten, zuerst den unteren horizontalen Kreis *M* lüften, indem man die Druckschraube *d* nachlässt, und dann das ganze Instrument um seine in dem hohlen Cylinder *FQ* stehende vertikale Achse so lange frei drehen, bis die Ebene des Kreises durch den zu beobachtenden Stern geht. Dann öffnet man auch die ähnliche (und desshalb in der Zeichnung nicht angegebene) Druckschraube, welche den innern Kreis an dem festen, äusseren hält, so dass man also jetzt diesen innern Kreis, sammt dem an ihm befestigten Fernrohre, um seine horizontale Achse *AB* so lange drehen kann, bis das Gestirn im Felde des Fernrohrs, in der Nähe des in demselben horizontal gespannten Fadens, erscheint. In dieser Lage befestige man nun wieder die Druckschraube des Kreises *M* sowohl, als auch die des inneren vertikalen Kreises *mm*, und es steht jetzt das Instrument in der vorbereitenden Lage, die zu den eigentlichen Beobachtungen erfordert wird.

Bemerken wir nun, dass bei jeder dieser Druckschrauben auch noch eine feine Mikrometerschraube angebracht ist, die in der Lage der Tangente ihres Kreises liegt und dazu bestimmt ist, die obschon durch ihre Druckschrauben bereits geklemmten oder befestigten Kreise noch etwas weniges in ihrer Ebene weiter zu bewegen. Wir haben eine solche Mikrometerschraube schon oben (§. 29) bei Gelegenheit des Meridiankreises angeführt, wo sie auch (Fig. 126) bei *fh* abgebildet ist.

Durch diese Mikrometerschrauben bewegt man das Fernrohr in vertikaler und horizontaler Richtung ganz leise so, dass der bereits im Felde des Fernrohrs stehende Stern in der Mitte des Feldes ganz genau auf den horizontalen Faden und nahe in die Mitte desselben zu stehen kommt. In diesem Augenblicke liest man die neben dem Instrumente stehende Uhr und dann auch den Stand der Verniere des inneren Kreises gegen den festen, eingetheilten äusseren Kreis ab, wodurch man die gesuchte Zenithdistanz des Sterns für eine gegebene Zeit erhält, vorausgesetzt, dass man den Kollimationsfehler (§. 31) des Kreises bereits kennt, d. h. dass man bereits weiss, wie viel man von jeder Lesung am Kreise abziehen oder dazu addiren muss, um die wahre Zenithdistanz des Sternes zu erhalten.

Diesen Kollimationsfehler findet man aber entweder durch Umwendung des Instruments oder durch einen Quecksilberhorizont ganz auf dieselbe Art, wie bereits oben (§. 32) bei dem Meridiankreise gesagt worden ist, und man sieht von selbst, dass hier die erste Methode ganz besonders anwendbar sein wird, weil das Instrument, nach der Einrichtung seines Baues, sich leicht und sicher umwenden lässt, so dass einmal der Kreis auf der einen und dann auf der entgegengesetzten Seite der vertikalen Säule *FB* zu stehen kommt.

§. 38. (Rektification des Höhenkreises.) Wir haben bisher vorausgesetzt, dass die Ebene der beiden Kreise vollkommen vertikal und die optische Achse des Fernrohrs zu dieser Ebene parallel ist. Allein durch welche Mittel kann man dieser Forderung genügen?

Zu diesem Zwecke muss man zuerst die vertikale Achse *bE* oder

den stählernen Cylinder, der in seinem untersten Punkte auf der Spange *abc* steht, und auf welchem eigentlich das ganze Instrument ruht, in eine auf dem Horizonte senkrechte Stellung bringen. Diess wird man mittelst einer Libelle thun können, die man über jener Achse bei *uu* zwischen den zu dieser Absicht frei gelassenen Bogen der Säule *EG* aufstellt, welche den Unterstützungspunkt des oben erwähnten Hebels für das Gegenwicht trägt. Stellt man dann den Kreis, also auch diese Libelle mit der Linie, die durch zwei der drei Fussschrauben geht, etwa mit der Linie KK' parallel, und steht z. B. der Mittelpunkt der Blase bei dem Theilstriche 10, dreht man hierauf den Kreis im Horizonte um 180 Grade, bis er wieder mit der Linie KK' parallel ist, und zeigt in dieser Lage der Mittelpunkt der Blase z. B. 20, so wird man die eine oder die andere dieser beiden Fussschrauben K oder K' so lange bewegen, bis die Blase das Mittel jener beiden Zahlen, d. h. bis sie die Zahl 15 zeigt. Auf diese Weise bringt man es durch einige Wiederholungen dieses Verfahrens leicht dahin, dass die Libelle, in den beiden erwähnten Lagen des Kreises, immer dieselbe Zahl, hier 15 weist. Dreht man dann den Kreis im Horizonte noch um 90 Grade gegen seine beiden vorigen Lagen, so dass jetzt der Kreis durch die dritte Fussschraube K'' geht, so wird man auch diese Fussschraube K'' so lange drehen, bis die Libelle in dieser neuen Lage ebenfalls 15 zeigt, und dann wird die Libelle in allen Lagen des Kreises immer unverändert dieselbe Zahl geben, zum Zeichen, dass die erwähnte stählerne Achse des Instruments in der That vertikal ist. Sollte die Libelle bei der Bewegung des Kreises durch alle Punkte des Horizonts noch einen geringen Fehler dieser Vertikalität anzeigen, so wird man das so eben angezeigte Verfahren wiederholen, um dadurch diesen noch übrigen kleinen Fehler vollkommen wegzubringen.

In einer auf dieser vertikalen Achse nahe senkrechten Lage ist nun in ihrem obern Endpunkte die horizontale Achse AB der beiden Kreise durch starke Schrauben an den Würfel B befestiget. Die horizontale Achse soll aber genau senkrecht auf jener vertikalen stehen. Es ist schon oben gesagt worden, dass die beiden Enden dieser horizontalen Achse frei stehen, damit man an sie die Haken einer zweiten Libelle anbringen kann. Hängt man nun diese Libelle in zwei einander entgegengesetzten Lagen an diese Achse, so dass derselbe Haken zuerst bei B und dann bei Q zu stehen kommt, und zeigt sie z. B. in der ersten Lage 4 und in der andern 10, so wird man das eine Ende der horizontalen Achse durch die dazu bestimmte Schraube so lange erniedrigen oder erhöhen, bis die Libelle in beiden Lagen die Zahl 7 gibt, wo dann diese Achse AB horizontal und daher auf der Achse bE senkrecht stehen wird. Durch dieses Verfahren wird also auch die Ebene der beiden Kreise auf den Horizont senkrecht gestellt sein, da der Künstler, wie bereits oben erinnert wurde, schon durch die Einrichtung seiner Drehbank den Kreis senkrecht auf seine Achse befestigt hat.

Noch ist übrig, die optische Achse des Fernrohrs mit der Ebene dieser Kreise parallel oder eigentlich den vertikalen Faden in eine zur Ebene der Kreise parallele optische Achse zu stellen. Zu diesem Zwecke wird man zuerst den horizontalen Faden desselben, durch eine sanfte Bewegung des Fernrohrs, längs einem scharf begrenzten und sehr entfernten terrestrischen Gegenstande hinlaufen lassen und ihn mittelst der

dazu bestimmten Schraube um seinen Mittelpunkt so lange drehen, bis der Faden, seiner ganzen Länge nach, immer scharf auf dem Objekte bleibt. Dann stellt man auch den zweiten, schon vom Künstler auf jenen ersten senkrecht angebrachten Faden, oder eigentlich nur den dem horizontalen zunächst stehenden Theil desselben, auf jenen terrestrischen Gegenstand und liest dabei den Azimuthalkreis *M* ab. Jetzt dreht man die Kreise auf die entgegengesetzte Seite der vertikalen Achse *bE*, bis der Horizontalkreis 180 Grade mehr zeigt, als in der ersten Lage, und sieht zu, ob der vertikale Faden des wieder auf den irdischen Gegenstand zurückgeführten Fernrohres auch in dieser zweiten Lage das terrestrische Objekt wieder genau trifft. Hat diess nicht statt, so verbessert man die Hälfte des so gefundenen Fehlers durch diejenige Schraube, welche das Fadennetz in horizontaler Richtung zu bewegen bestimmt ist. Eine Wiederholung dieses Verfahrens wird den noch übrig gebliebenen Fehler bald bis zur völligen Unmerklichkeit desselben vermindern.

§. 39. (Theodolit.) Dieses Instrument unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Höhenkreise; die Bauart und Einrichtung ist in beiden dieselbe, nur dass bei diesem der vertikale Kreis, bei dem Theodoliten aber der Horizontalkreis der wichtigere, daher auch der grössere und mit mehr Sorgfalt von dem Künstler ausgearbeitete ist. Die Ursache davon ist, weil der Theodolit mehr zu geodätischen Messungen, für irdische Gegenstände, gebraucht wird, wo man vorzüglich die horizontale Distanz derselben sucht, während der Höhenkreis, wie wir gesehen haben, besonders zur Beobachtung der Höhe der Gestirne bestimmt ist. Es wäre aber wünschenswerth, beide Kreise bei diesen Instrumenten gleich gross und gleich gut zu machen, damit jedes derselben zu geodätischen sowohl als astronomischen Zwecken brauchbar werde. In der That haben schon zu Ende des vorigen Jahrhundertes englische Künstler zu Höhen- und Azimuthmessungen gleich geeignete Instrumente, sogenannte *reversible circles*, von solcher Vollkommenheit hergestellt, dass man sich derselben an vielen Sternwarten statt der damals noch nicht mit Vollkreisen versehenen, fixen Meridianinstrumente bediente (§. 35). So hat Piazzi in Palermo von 1792 bis 1813 mit einem solchen, von dem berühmten Ramsden angefertigten Instrumente, dessen Höhenkreis sechs Fuss Durchmesser hatte, seinen für jene Zeiten vortrefflichen Katalog von 7646 Fixsternen geliefert. Ein nahe gleich grosses Instrument dieser Art wurde um dieselbe Zeit für die Sternwarte in Dublin vollendet, und ein anderes, der Westbury Circle, war in den Händen von Pond in Greenwich. Erst als man auf die Idee gerieth, das Römer'sche Mittagsrohr mit einem Vollkreise zu versehen, mit anderen Worten: den Meridiankreis zu bauen, wurden die eigentlichen Meridianinstrumente unbestreitbare Hauptbestandtheile wohl eingerichteter Sternwarten, denn nun war nebst der grösseren Stabilität auch der andere Vortheil, dem jene *reversible circles* ihren Namen verdankten: die leichte Umwendbarkeit um eine vertikale Achse den fixen Instrumenten gewonnen. In Fig. 129 sieht man einen solchen englischen Azimuth- und Höhenkreis kleinerer Dimension, der nach dem Vorhergehenden keiner besonderen Erklärung bedarf. Auch in Deutschland war man bemüht, ähnliche Instrumente anzufertigen, die nun in vorzüglicher Weise von Pistor, Repsold u. a. geliefert werden. Rei-

chenbach, der bei uns die ersten baute, gab denselben den etwas zu umfassenden Namen Universal-Instrumente, da man damit wohl sehr viel, nämlich alles, wozu sonst Theodoliten, Höhenkreise und Meridianinstrumente dienten, aber doch nichts weniger als sämmtliche dem Astronomen nöthigen Beobachtungen leisten kann. Das Universal-Instrument nahm so eine Gestalt an, derjenigen sehr ähnlich, nur eben vollkommener in der Ausführung, unter welcher der Theodolit in Fig. 130 vorgestellt ist.

Fig. 129.

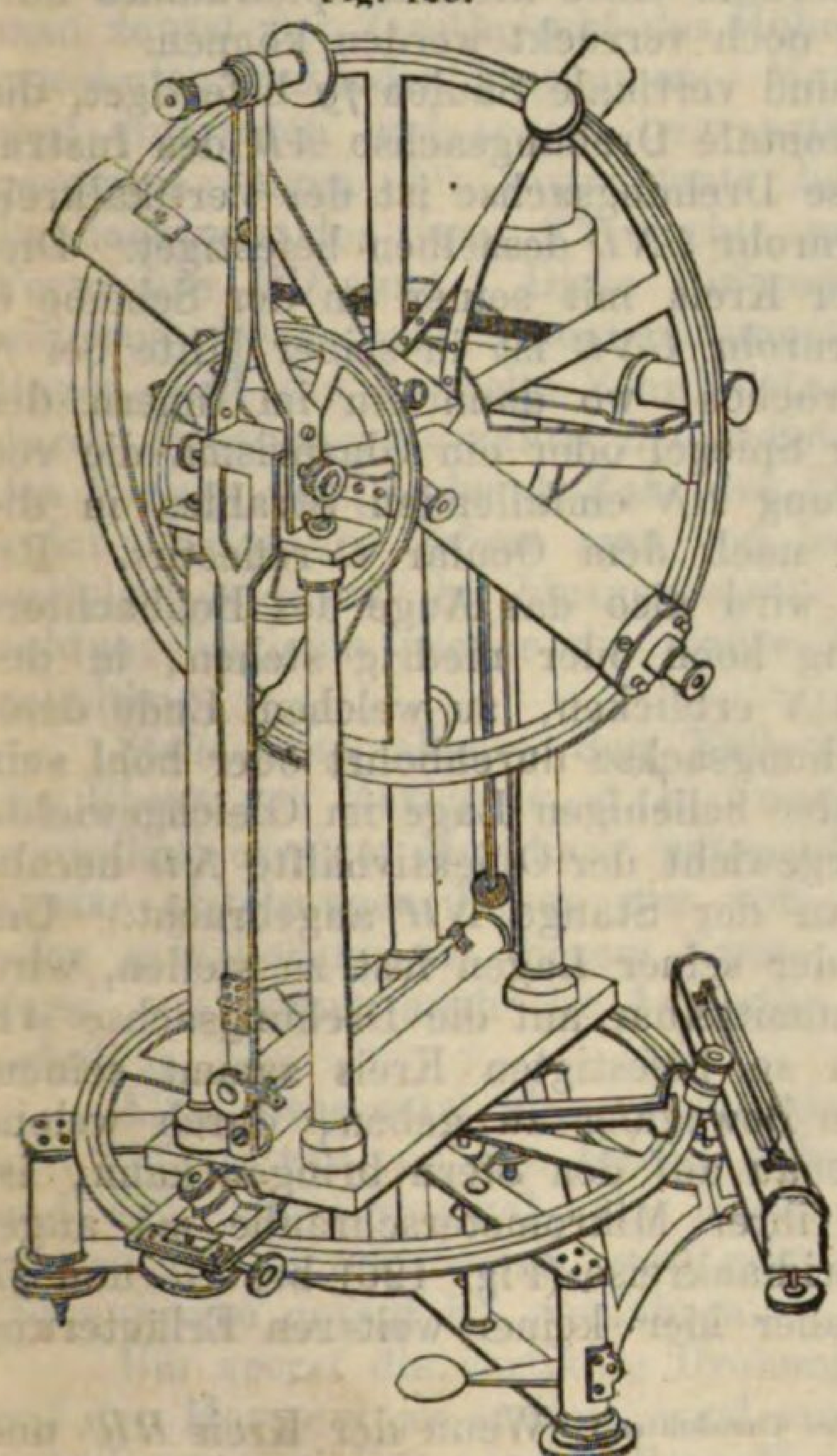
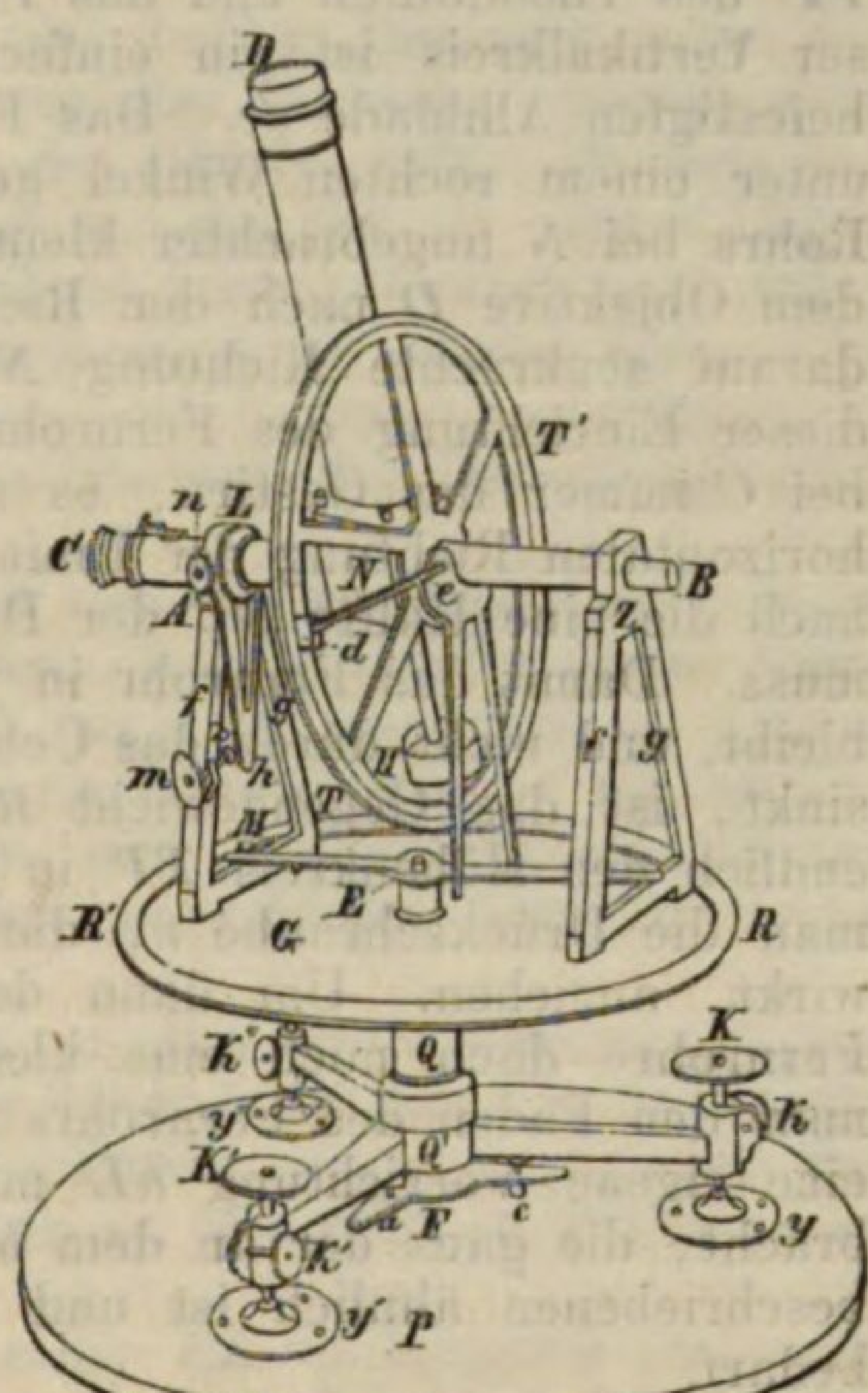


Fig. 130.



Man sieht wieder die drei starken Fussschrauben *K*, *K'* . . . des dreiarmigen Fussgestells; diese Arme sind an ihren Enden, wo sie die Fussschrauben aufnehmen, in zwei Theile gespalten, und diese Theile können durch eigene Seitenschrauben *k*, *k'*, *k''* einander genähert werden, um jede Schwankung der Fussschrauben zu verhindern. Diese letzten Schrauben laufen an ihren unteren Enden in eine konische Stahlspitze aus, die in einer ähnlichen konischen Vertiefung starker Metallscheiben *y*, *y'*, *y''* sich bewegt, deren jede an ihrer untern Seite mit drei kurzen, konischen Stahlspitzen versehen ist, womit sie fest und unverrückbar auf dem Beobachtungstische *P* aufliegen. An der untern Seite dieser drei Arme des Fussgestelles ist wieder (wie bei Fig. 128) die metallene Spange *aFc* angeschraubt. Auf dieser Spange steht die eigentliche vertikale Drehungsachse *FE* des Theodoliten, die sich in dem

hohlen Cylinder *QQ'* frei bewegt, und an deren oberem Ende der Horizontalkreis *RR'* senkrecht auf jene Achse befestiget ist. Dieser Horizontalkreis ist hier eine doppelte Scheibe *G*, deren oberer Theil die Verniere und das Gerüste *fgN* trägt, und sich um den Mittelpunkt *E* drehen lässt. Der untere Theil dieser Doppelscheibe springt mit dem getheilten Limbus *RR'* über den oberen vor, und ist mit dem Fussgestelle *QK* unveränderlich verbunden. Eine Druckschraube *M* setzt in den Stand, die innere Scheibe an die äussere fest zu klemmen, wo dann die Verniere am Limbus innerhalb eines kleinen Spielraumes mittelst einer feinen Schraube bei *M* noch verrückt werden können.

Auf der inneren Scheibe *G* sind vertikale Säulen *fg* befestiget, die an ihren oberen Enden die horizontale Drehungsachse *AB* des Instruments tragen. Senkrecht auf diese Drehungsachse ist der Vertikalkreis *TT'* des Theodoliten und das Fernrohr *CND* desselben befestiget. Dieser Vertikalkreis ist ein einfacher Kreis mit seiner an der Scheibe *G* befestigten Alhidade *de*. Das Fernrohr *CND* ist in seiner Mitte bei *N* unter einem rechten Winkel gebrochen, wo dann ein im Innern des Rohrs bei *N* angebrachter kleiner Spiegel oder ein Glasprisma die von dem Objektive *D* nach der Richtung *DN* einfallenden Strahlen in die darauf senkrechte Richtung *NC* nach dem Ocular *C* reflectirt. Bei dieser Einrichtung des Fernrohrs wird also das Auge des Beobachters bei *C* immer das Gestirn, es mag hoch oder niedrig stehen, in der horizontalen Richtung der Linie *CN* erblicken, zu welchem Ende demnach die eine Hälfte *NC* der Drehungsachse durchbohrt oder hohl sein muss. Damit das Fernrohr in jeder beliebigen Lage im Gleichgewichte bleibt, und nicht durch das Uebergewicht der Objektivhälfte *ND* herabsinkt, ist das Gegengewicht *H* an der Stange *NH* angebracht. Um endlich den Höhenkreis *TT'* in jeder seiner Lagen fest zu stellen, wird man die Druckschraube *n*, die unmittelbar auf die Drehungsachse *AB* wirkt, anziehen. Um dann dem so befestigten Kreis sammt seinem Fernrohre doch noch eine kleine Bewegung zu geben, durch welche man den Faden des Fernrohrs genau auf den Stern bringen kann, ist eine eigene Vorrichtung *hL* mit ihrer Mikrometerschraube *mh* angebracht, die ganz der an dem Meridiankreise (Fig. 126) bei *c'd'* und *fh* beschriebenen ähnlich ist und daher hier keiner weiteren Erläuterung bedarf.

§. 40. (Gebrauch und Rectification des Theodoliten.) Wenn der Kreis *RR'* und die Drehungsachse *AB* bereits horizontal, und wenn der Höhenkreis *TT'* so wie die optische Achse des Fernrohrs bereits senkrecht auf die Drehungsachse *AB*, also auch senkrecht zu dem Horizonte gestellt sind, so wird man bei der Beobachtung mit diesem Instrumente auf folgende Weise verfahren.

Gesetzt, man wollte den Winkel, welchen zwei Thurmspitzen in dem Auge des Beobachters bilden, und zugleich die Differenz der Höhen dieser Spitzen über dem Horizonte finden. Zu diesem Zwecke wird man den Höhenkreis *TT'* sammt dem Fernrohre um die Vertikalachse *FE*, und zugleich das Fernrohr *ND* um seine Horizontalachse *AB* so lange drehen, bis die Spitze des einen Thurms im Felde des Fernrohrs nahe bei dem Durchschnitte der beiden Kreuzfäden desselben erscheint. Jetzt werden beide Kreise *RR'* und *TT'* durch ihre Druckschrauben geschlossen und der Fadendurchschnitt, mit Hülfe der Mikrometerschrauben

dieser beiden Kreise genau auf die Thurmspitze gebracht, wo dann die beiden Kreise zu lesen sind. Dann werden sie wieder gelüftet und so lange gedreht, bis auch die zweite Spitze im Felde des Fernrohrs erscheint, wo dasselbe Verfahren wiederholt und die Stellung der beiden Kreise wieder abgelesen wird. Die Differenz der beiden Lesungen an dem Kreise *RR'* gibt den gesuchten Horizontalwinkel, so wie die Differenz der beiden Lesungen des Kreises *TT'* die gesuchte Höhendifferenz der Spitzen dieser Thürme.

Will man die absolute Höhe dieser Objekte selbst kennen, so wird man zuerst den Zenithpunkt des Höhenkreises *TT'* durch die oben (§. 32) erwähnten Methoden bestimmen. Man wird z. B. die Höhe irgend eines weit entfernten und scharf begrenzten Gegenstandes in zwei entgegengesetzten Lagen des Instruments beobachten, indem bei der ersten Beobachtung der Kreis *TT'* rechts und bei der zweiten links von dem Fernrohre *ND* steht. Diese Differenz der beiden Lesungen oder der während dieser beiden Beobachtungen von dem Fernrohre durchlaufene Bogen wird die doppelte Zenithdistanz des Objekts sein. Da man dadurch die einfache, wahre Zenithdistanz und die ihr, in beiden Lagen des Kreises entsprechende Zahl der Theilung kennt, so weiss man auch, welche konstante Grösse man von jeder Lesung an diesem Kreise abzuziehen oder zu ihr hinzuzusetzen hat, um in jeder anderen Beobachtung sogleich wieder die wahre Zenithdistanz des Gegenstandes zu erhalten.

Stellt man ebenso den Nullpunkt des Horizontalkreises *RR'* in die Ebene des Meridians, d. h. weiss man, welcher Punkt dieses Horizontalkreises dem Meridiane entspricht, so wird man alle an diesem Kreise abgelesenen Bogen nur von jenem Meridianpunkte an zählen, oder jede Lesung an diesem Kreise um eine bekannte Konstante ändern, um sofort auch die Azimuthe der beobachteten Gegenstände zu erhalten.

Alles diess setzt aber voraus, dass von den beiden Theilungen *RR'* und *TT'*, so wie von den beiden Achsen *AB* und *EF* die eine horizontal und die andere vertikal sei. Dieser Forderung zu genügen oder das Instrument zu rektificiren, wird man ganz so, wie oben (§. 38) bei dem Höhenkreise gesagt ist, verfahren.

Um zuerst die vertikale Drehungsachse *FE* vollkommen senkrecht auf den Horizont zu stellen, wird man sich einer Libelle bedienen, die mit ihren zwei Füssen auf die cylindrischen Enden der Achse *AB* aufgestellt wird, so dass die Glasröhre der Libelle zwischen die Speichen des Kreises *TT'* zu stehen kommt. Dann stellt man die Achse *AB* parallel zu zwei Fussschrauben *KK'*, und verbessert, bei der jedesmaligen Umdrehung des Kreises *G* um 180 Grade, die eine dieser beiden Fussschrauben so lange, bis die Mitte der Blase in beiden Lagen des Instruments immer denselben Punkt zeigt. Ist z. B. 12 der Theilstrich, bei welchem die Mitte dieser Blase in der ersten Lage steht, und ist 20 derselbe für die zweite Lage des Instruments, so wird in der zweiten Lage dieselbe Fussschraube so bewegt, dass die Mitte der Blase zu dem Theilstrich 16 oder zu dem Mittel jener beiden komme. Ist diess geschehen, so wird die Achse *AB* in eine auf die vorigen Stellungen senkrechte Lage gebracht, und bloss durch die dritte Fussschraube die Mitte der Blase wieder auf den Theilstrich 16 zurückgeführt. Zeigt

dann die Libelle, bei allen Richtungen der Achse *AB*, immer denselben Punkt, so wird die Achse *FE* vollkommen vertikal oder der von dem Künstler auf diese Achse senkrecht abgedrehte Kreis *RR'* wird vollkommen horizontal sein, wodurch die erste der oben erwähnten Bedingungen erfüllt ist.

Allein nun ist es noch möglich, dass die beiden Stützen *fg*, welche die horizontale Drehungsachse *AB* tragen, von ungleicher Länge sind, wo dann die auf dieser Stütze ruhende Achse *AB* nicht mehr horizontal, also auch der auf diese Achse *AB* von dem Künstler bereits senkrecht abgedrehte Kreis *TT'* nicht mehr vertikal sein würde, worin doch die zweite Bedingung besteht, die statthaben muss, wenn das Instrument in der That zu Beobachtungen tauglich sein soll. — Um nun auch dieser Forderung zu genügen, wird man dieselbe Libelle, ohne übrigens jetzt den Kreis *G* weiter zu bewegen, zuerst in einer und dann in der entgegengesetzten Lage auf die Endpunkte der Achse *AB* stellen, so dass derselbe Fuss der Libelle zuerst nach *A* und dann nach *B* kommt. Steht die Blase in diesen beiden Lagen derselben bei verschiedenen Theilstrichen, so wird man durch eigens dazu bestimmte Schrauben, die an der einen der Stützen *fg* bei *Z* angebracht sind, diese Stütze etwas verlängern oder verkürzen, und so die Blase der Libelle in die Mitte zwischen jene beiden abgelesenen Theilstriche bringen, und dieses Verfahren wird man so lange wiederholen, bis die Libelle in ihren beiden Lagen immer denselben Theilstrich zeigt, wo dann die Drehungsachse *AB* horizontal oder dem Kreise *RR'* parallel, und zugleich der Kreis *TT'* gegen den Horizont senkrecht steht.

Um endlich auch noch die optische Achse des Fernrohrs mit dem Kreise *TT'* parallel zu stellen, wird man den senkrechten Faden desselben auf irgend ein scharf begrenztes terrestrisches Objekt richten und dann die Achse *AB* sammt Fernrohr und Höhenkreis aus ihren beiden Lagern bei *A* und *B* herausheben, um sie in verkehrter Stellung, so dass jetzt das Achsenende *A* auf das Lager *B* kommt, wieder in diese Lager zurückzubringen. Wird jetzt das Fernrohr wieder auf das terrestrische Objekt zurückgeführt, und weicht der Faden etwas von demselben ab, so wird man die Hälfte des bemerkten Fehlers durch eine Schraube bei *A* verbessern, welche bestimmt ist, das Fadennetz in horizontaler Richtung zu bewegen.

Uebrigens lässt sich die Einrichtung des sogenannten gebrochenen Fernrohres, wonach die eine Hälfte des Fernrohres in der Achse liegt, noch weiter treiben als in der Konstruction, mit welcher wir hier den Theodoliten vorführten. Es hindert nämlich nichts, das bei *N* angebrachte Prisma in noch grössere Entfernung vom Oculare zu rücken, und so die Objektivhälfte des Fernrohres immer mehr zu verkürzen. Steinheil hat in dieser Art kleine Meridiankreise gebaut, bei welchen das ganze Fernrohr in die Achse fällt. Das Instrument gewinnt dadurch sehr an Transportabilität, ein grosser Vortheil für astronomische Bestimmungen auf Reisen, den Steinheil noch dadurch zu steigern suchte, dass er die Kreise mit möglichst feiner Theilung und starken Mikroscopen versah, also ebenfalls auf ein sehr geringes Volum reduciren konnte.

§. 41. (Eble's Zeitbestimmungswerk und Stundenzeiger oder Horoscop.) Bevor wir die höhenmessenden Instrumente und damit zu lösenden Aufgaben ver-

lassen, wollen wir den Leser noch mit ein paar hierher gehörenden, besonders empfehlenswerthen Vorrichtungen bekannt machen.

Die Sonnenuhr, immer noch das populärste Mittel der Zeitbestimmung, leidet an bedeutenden Mängeln, da ihre Aufstellung an gewisse Oertlichkeiten gebunden und in den seltensten Fällen vollkommen verbürgt ist, und überdiess auf diesem Wege, wenn nicht besondere und daher schwer zu erreichende Einrichtungen getroffen werden, nur sehr rohe Resultate zu erhalten sind. Man war desshalb von jeher bemüht, eigentlich astronomische Methoden für Jedermann zugänglich zu machen. Unter diesen Methoden bleibt die vorzüglichste, weil in wenigen Minuten ausführbare und nicht gerade an den Mittag gebundene immer die, bei welcher man aus der Höhe oder sonstigen Stellung eines gewissen Gestirnes, z. B. der Sonne zu irgend einer Zeit, auf die eben stattfindende Stunde schliesst. Es galt aber dabei zwei Vereinfachungen einzuführen: einmal Mittel auszudenken, durch welche die Stellung des Gestirnes ohne Complicationen, denen nur der Astronom gewachsen ist, sicher genug erkannt wird, und dann die zur Ableitung der Zeit aus der Beobachtung nöthige Rechnung (§. 5) möglichst zu erleichtern. In ersterer Beziehung beschränkte man sich, wenn von den an sich sehr genauen und praktischen, aber im Gebrauche ausser dem Meridiane doch immer schon gewisse Kenntnisse voraussetzenden Erfindungen Dent's und Steinheil's (§. 24) abgesehen wird, mit Recht im Allgemeinen auf Höhen messende Werkzeuge und leistete in Herstellung solcher Instrumente von der hier erforderlichen Einfachheit manches Erspriessliche. Herr M. Eble in Ellwangen hat auch diesen Theil der Aufgabe gehörig berücksichtigt, und an seinem Sextanten gegen frühere Einrichtungen wesentliche Verbesserungen angebracht. Sein eigentliches Verdienst aber, durch das er eben allen Vorgängern den Rang abgewonnen, besteht in der Erleichterung oder besser völligen Umgehung der Rechnung, indem er alte und so zu sagen verschollene Methoden, geometrische Aufgaben graphisch zu berechnen, sehr sinnreich modificirte und zu dem hier verfolgten Zwecke in einer Weise benutzte, die nichts zu wünschen übrig lässt. Sein astronomisches Netz ist eine Art von Rechenstab, durch welchen alle Schwierigkeit dieses Theiles der Arbeit auch für den Ungeübtesten völlig beseitigt und eine Genauigkeit (bis auf etwa eine halbe Minute) erreicht wird, wie sie bisher kein hierzu erdachtes, eben so leicht anwendbares Mittel bietet. Die Klarheit der beigegebenen Gebrauchsanweisung und die Billigkeit des Preises vermehrt die Zugänglichkeit dieses nützlichen Apparates, dessen Präcision durch Ausführung in grösseren Verhältnissen und auf Metall sich bedeutend steigern liesse, und der durch die von Herrn Eble gegebenen Nebenanwendungen, z. B. für beiläufige Bestimmungen von Zeit und Azimuth zur See, auch in wissenschaftlicheren Kreisen Beachtung zu finden in hohem Masse verdient.

So sehr aber diese Vorrichtungen, denen Herr Eble den Namen Zeitbestimmungswerk beilegte, allen billigen Wünschen genügten, so fand sich doch sein Streben damit noch nicht zufrieden gestellt. Weiteres Nachdenken brachte ihn im Jahre 1854 auf ein Instrument, das in jener Richtung noch bedeutende Vortheile gegen den früheren Apparat bot. An sich hatte die abgesonderte Behandlung der beiden hier vorliegenden Aufgaben grosse Vorzüge, indem sie eine Anwendung

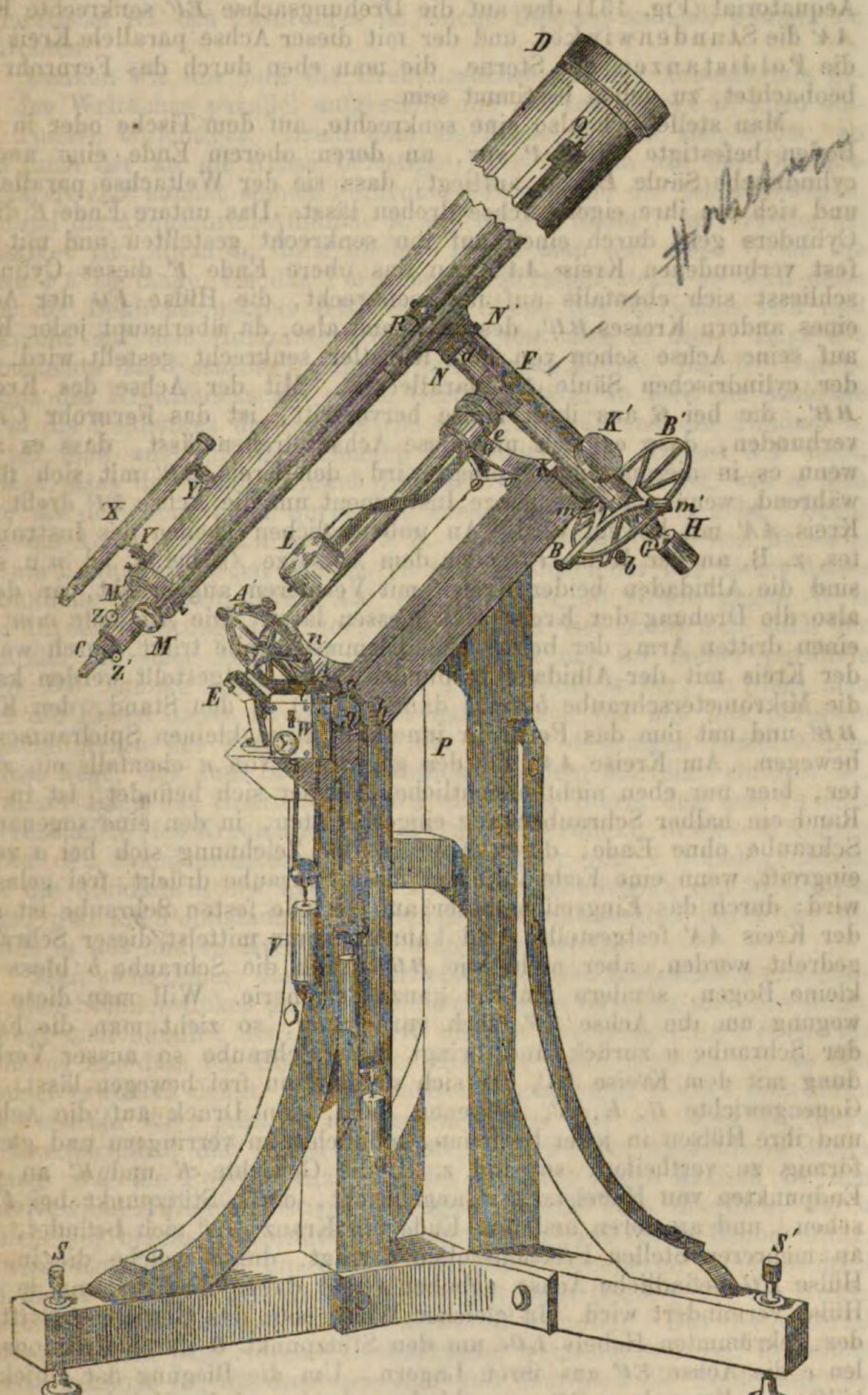
des Apparates zu dem vom Erfinder zunächst beabsichtigten Zwecke in allen geographischen Breiten zuliess, für welche sich die Zeitbestimmung aus beobachteten Höhen überhaupt eignet, und überdiess in dem zweiten Theile der Vorrichtung, den wir oben den Rechenstab nannten, für unzählige andere Aufgaben, die eben auch auf die Auflösung eines sphärischen Dreieckes hinauslaufen, selbst dem Fachmanne ein vortreffliches Hülfsmittel zur Verfügung stellte. Dadurch eben hatte jene erste Eble'sche Erfindung für nautische Astronomie, krystallographische Untersuchungen, als Rechnungskontrole überhaupt u. s. w. unläugbare Bedeutung selbst auf streng wissenschaftlichem Gebiete.

Für das von Herrn Eble zunächst verfolgte Ziel der Zeitbestimmung aber wäre allerdings eine Vereinigung beider Theile der Aufgabe in eine und dieselbe Operation vortheilhaft. Herr Eble hat nun auch dieser Rücksicht vollständige Rechnung getragen durch Herstellung eines von ihm Stundenzeiger oder Horoscop genannten Instrumentes, das durch Einstellung eines Diopters auf die Sonne sofort, allerdings einigermassen auf Kosten der Genauigkeit, den eben stattfindenden Stundenwinkel dieses Gestirnes angibt. Die scharfsinnige Verbindung der früher getrennten Apparate erhöht die Anerkennung, auf welche Herr Eble sich bereits vorher so gerechten Anspruch erworben. Es genüge hier die Bemerkung, dass Lambert, einer der ausgezeichnetsten Astronomen des 18. Jahrhunderts, den Weg, auf welchem Herr Eble, übrigens unabhängig von Lambert, so schöne Erfolge erzielte, zwar ebenfalls betreten hat, aber in der Vollkommenheit des Ersonnenen weit hinter Herrn Eble zurückgeblieben ist.

Wir können allen Lesern, die irgend welches Interesse haben, den Fehler ihrer Uhr genau zu kennen, Herrn Eble's Instrumente auf das beste empfehlen. Wir haben in der That nichts daran auszusetzen, als die ziemlich unglücklich gewählten Namen, und den vielleicht zu niedrig gestellten Preis, der eben eine beinahe zu weit getriebene Einfachheit in der mechanischen Ausführung bedingt.

§. 42. (Aequatorial.) Wenn man einen Höhenkreis, wie z. B. den in Fig. 128 beschriebenen, so aufstellen wollte, dass die früher vertikale oder auf dem Horizonte senkrechte Drehungsachse *FE* jetzt auf dem Aequator senkrecht steht, d. h. dass diese Achse mit dem Horizonte einen der Polhöhe gleichen Winkel bildet und, in der Ebene des Meridianes aufgestellt, der Weltachse parallel liegt, so würde man ein Aequatorial haben, wie dasselbe in Fig. 131 abgebildet erscheint. Dieses Instrument ist also von einem Höhenkreise nur in der Aufstellung seiner Achse wesentlich verschieden. Bei dem Höhenkreise geht diese Drehungsachse nach dem Zenithe, bei dem Aequatorial aber nach dem Pole des Aequators, oder dort steht die Achse senkrecht auf dem Horizonte, während diese *EF* (Fig. 131) hier der Weltachse parallel liegt; dort stellt also auch der auf diese Achse senkrechte Kreis *M* (Fig. 128) den Horizont vor, während hier der Kreis *AA'* (Fig. 131) mit dem Aequator parallel ist; dort endlich liegt der vertikale Kreis *mn* (Fig. 128) immer in der Ebene eines Höhenkreises, während hier dieser Kreis *BB'* (Fig. 131), wie man ihn auch um die ihm parallele Achse *EF* drehen mag, da seine Ebene stets durch diese Achse gehend angenommen wird, immer in dem Deklinationskreise derjenigen Sterne liegt, durch welche seine Ebene geht. So wie daher bei dem Höhen-

Fig. 131.



kreise (Fig. 128) der Kreis *M* die Azimuthe und der Kreis *mn* die Zenithdistanzen der Gestirne zu geben bestimmt ist, so wird bei dem Aequatorial (Fig. 131) der auf die Drehungsachse *EF* senkrechte Kreis *AA'* die Stundenwinkel, und der mit dieser Achse parallele Kreis *BB'* die Poldistanzen der Sterne, die man eben durch das Fernrohr *CD* beobachtet, zu geben bestimmt sein.

Man stelle sich also eine senkrechte, auf dem Tische oder in dem Boden befestigte Säule *P* vor, an deren oberem Ende eine andere, cylindrische Säule *EF* so aufliegt, dass sie der Weltachse parallel ist und sich um ihre eigene Achse drehen lässt. Das untere Ende *E* dieses Cylinders geht durch einen auf ihn senkrecht gestellten und mit ihm fest verbundenen Kreis *AA'*. An das obere Ende *F* dieses Cylinders schliesst sich ebenfalls auf ihm senkrecht, die Hülse *FG* der Achse eines andern Kreises *BB'*, dessen Ebene also, da überhaupt jeder Kreis auf seine Achse schon von dem Künstler senkrecht gestellt wird, mit der cylindrischen Säule *EF* parallel ist. Mit der Achse des Kreises *BB'*, die bei *G* aus ihrer Hülse hervortritt, ist das Fernrohr *CD* so verbunden, dass es sich um diese Achse drehen lässt, dass es also, wenn es in diesem Sinne bewegt wird, den Kreis *BB'* mit sich führt, während, wenn man das ganze Instrument um die Achse *EF* dreht, der Kreis *AA'* mit bewegt wird. An unbeweglichen Theilen des Instrumentes, z. B. an der Hülse *FG* oder dem Aufsatze *An* bei *m*, *m'*, *n* u. s. w. sind die Alhidaden beider Kreise mit Vernieren angebracht, an denen also die Drehung der Kreise sich messen lässt. Die Alhidade *mm'* hat einen dritten Arm, der bei *B* eine Klemmschraube trägt, durch welche der Kreis mit der Alhidade verbunden, also festgestellt werden kann; die Mikrometerschraube *b* setzt dann (§. 29) in den Stand, den Kreis *BB'* und mit ihm das Fernrohr innerhalb eines kleinen Spielraumes zu bewegen. Am Kreise *AA'*, für den gegenüber von *n* ebenfalls ein zweiter, hier nur eben nicht ersichtlicher Vernier sich befindet, ist in den Rand ein halber Schraubengang eingeschnitten, in den eine sogenannte Schraube ohne Ende, deren Kopf in der Zeichnung sich bei *a* zeigt, eingreift, wenn eine Feder, die auf diese Schraube drückt, frei gelassen wird; durch das Eingreifen dieser am Gestelle festen Schraube ist also der Kreis *AA'* festgestellt, und kann nun nur mittelst dieser Schraube gedreht werden, aber nicht wie *BB'* durch die Schraube *b* bloss um kleine Bogen, sondern um die ganze Peripherie. Will man diese Bewegung um die Achse *EF* rasch vornehmen, so zieht man die Feder der Schraube *a* zurück und bringt diese Schraube so ausser Verbindung mit dem Kreise *AA'*, der sich somit dann frei bewegen lässt. Die Gegengewichte *H*, *K*, *K'*, *L* dienen dazu, den Druck auf die Achsen und ihre Hülsen in jeder Beziehung möglichst zu verringern und gleichförmig zu vertheilen; so sind z. B. die Gewichte *K* und *K'* an den Endpunkten von Hebelstangen angebracht, deren Stützpunkt bei *F* zu sehen, und an deren anderem Ende ein Kranz *NN'* sich befindet, der an mehreren Stellen Friktionsrollen *d* trägt, durch welche die in der Hülse *FG* befindliche Achse gehoben, und daher ihre Reibung in der Hülse vermindert wird. In gleicher Weise hebt das Gewicht *L* mittelst des gekrümmten Hebels *LOe* um den Stützpunkt *O* durch Friktionsrollen *e* die Achse *EF* aus ihren Lagern. Um die Biegung der Objektivhälfte des Fernrohres *CD* zu verhindern, laufen wieder Hebelstangen *MQ*

längs desselben hin, die durch Gewichte *M*, *M'*, um die Stützpunkte *R* den oberen Theil des Fernrohres hinaufdrücken. Bei dem viel kürzeren Ocularstücke *RC* des Fernrohres ist solche Biegung an sich weniger zu befürchten.

Denken wir uns nun die Drehungsachse *FE* des Aequatorials genau der Weltachse parallel aufgestellt und das Instrument in allen seinen Theilen berichtiget. Dreht man die Achse *FE* um sich selbst, so wird auch der an die Achse befestigte Kreis *AA'* so wie der Deklinationskreis *BB'* sammt seinem Fernrohre *CD* sich um die Achse bewegen, während die Aequatorial-Alhidade *n*, die an der Säule *P* unveränderlich befestiget ist, allein in Ruhe bleibt. Dreht man auf diese Weise die Achse *FE* so lange, bis das Fernrohr im Meridian steht, so wird dann auch der Deklinationskreis *BB'* in der Ebene des Meridians sein und senkrecht auf dem Horizonte stehen. Bewegt man in dieser Lage des Instruments das Fernrohr, parallel mit seinem Kreise, bis der Durchschnitt des Kreuzfadens auf einem Gestirne steht, so wird die Alhidade bei *m* die Poldistanz dieses Gestirns anzeigen, während die Alhidade *n*, die bei dem mit Null bezeichneten Theilstriche des Kreises *AA'* steht, anzeigt, dass der Stundenwinkel des Gestirns gleich Null ist, wie es sein soll, da der Stern eben durch die Ebene des Meridians geht. Dreht man die Achse *EF* noch weiter, z. B. um 30 Grade, oder, was dasselbe ist, um 2 Stunden, gegen Westen, so rückt dadurch der mit dieser Achse verbundene Aequatorialkreis *AA'* ebenfalls um 30 Grade gegen West oder in der Richtung *AnA'* vor, und ganz so viel dreht sich auch der ebenfalls an jener Achse *EF* befestigte und mit ihr immer parallele Kreis *BB'* sammt seinem Fernrohre gegen West weiter, so dass also jetzt die Ebene dieses Kreises, und daher auch die mit ihm parallele optische Achse des Fernrohrs, in der Ebene desjenigen Deklinationskreises liegt, der zwei Stunden westlich von dem Meridian entfernt ist. In dieser Lage des Instruments wird also jeder Stern, den man in dem Durchschnitte des Kreuzfadens des Fernrohrs erblickt, in diesem Augenblicke den Stundenwinkel von 30 Graden oder von 2 Stunden haben, weil die Alhidade *n* des Kreises *AA'* auf den Theilstrich von 30 Graden zeigt, und die Poldistanz dieses Sterns wird unmittelbar durch die Alhidade *m* des andern Kreises *BB'* angegeben werden.

Man sieht daher, dass man mit einem solchen Instrumente unmittelbar den Stundenwinkel und die Poldistanz eines Gestirns angeben kann. Bewegt man nämlich den Kreis *BB'* um die Drehungsachse *EF* des Instrumens so, dass die Ebene dieses Kreises, wenn man sie bis an den Himmel erweitert denkt, durch den Stern geht, und bewegt man dann das Fernrohr *CD*, parallel mit seinem Kreise *BB'* so, dass der Stern im Durchschnitte der Fäden erscheint, so wird die Alhidade *m* dieses Kreises *BB'* die Poldistanz, und die Alhidade *n* des Kreises *AA'* den Stundenwinkel dieses Gestirns anzeigen. Kennt man überdies, durch Hülfe einer bereits berichtigten Uhr, die Sternzeit dieser Beobachtung, so wird man nur den durch das Instrument gegebenen Stundenwinkel von dieser Sternzeit subtrahiren, um sofort auch (Einl. §. 28) die Rectascension des beobachteten Gestirns zu erhalten. Das Aequatorial gibt also durch jede einzelne Beobachtung, wenn die Sternzeit derselben bereits bekannt ist, die Rectascension und überdiess die Poldistanz des beobachteten Gestirns, wodurch die Lage des Gestirns am Himmels voll-

kommen bestimmt ist. Man sieht zugleich, dass von den beiden Kreuzfäden des Fernrohrs der eine, der Stundenfaden, dem Kreis BB' parallel und der andere, der Deklinationsfaden, auf dem Kreis BB' senkrecht, also mit dem andern Kreise AA' parallel gestellt sein muss.

§. 43. (Vortheile, welche das Aequatorial bei den Beobachtungen gewährt.) Man hat soeben gesehen, dass man durch dieses Instrument die Rectascension und Poldistanz der Gestirne unmittelbar bestimmen kann. Allein es gibt bisher nur wenige so vollkommen gebaute Aequatoriale, dass man mit denselben eine solche Bestimmung des Ortes der Gestirne in der That unmittelbar und mit derjenigen Schärfe liefern kann, die man bei den heutigen Beobachtungen zu fordern berechtigt ist. Bei den weniger sorgfältig gebauten Instrumenten dieser Art, die man auch parallaktische Maschinen nennt, pflegt man das Fernrohr in die Nähe des zu beobachtenden Gestirns, z. B. eines Planeten, zu stellen und dann diesen Planeten sowohl, als auch einen ihm nahen, bekannten Fixstern durch das, während dieser Beobachtungen unbewegt bleibende Fernrohr, durchgehen zu lassen, woraus man dann, zwar nicht mehr die absolute Rectascension und Poldistanz, aber doch die Differenz der Rectascension und Poldistanz des Planeten und des Sterns, also auch, wenigstens mittelbar, den Ort des Planeten erhält, da jener des Sterns schon bekannt ist. Wir werden diese sehr nützliche und leicht anwendbare Beobachtungsart weiter unten näher kennen lernen. Hier wollen wir nur bemerken, dass, wenn das Fernrohr in der That während des Durchganges beider Gestirne unverrückt bleiben soll, die Beobachtung nur auf solche Fixsterne beschränkt bleibt, die, wenigstens in ihrer Poldistanz, nicht ganz so weit von dem Planeten abstehen, als der Durchmesser des Feldes des Fernrohrs beträgt. Dieser Durchmesser erstreckt sich aber bei stärkeren Vergrösserungen, die hier immer vorzüglich wünschenswerth sind, nur auf 20 bis 30 Minuten, und es findet sich nur zu oft, dass man in solcher Nähe keine wohlbekannten Sterne findet, die man mit dem Planeten vergleichen kann, um daraus den Ort des letzteren am Himmel zu bestimmen. In diesem Falle wären also sorgfältiger gearbeitete und grössere Aequatoriale mit Kreisen von etwa drei Fuss Durchmesser, wie sie Reichenbach zuerst gebaut, von vorzüglichem Nutzen, da man bei solchen Dimensionen leicht die einzelne Bogensekunde ablesen, somit nicht mehr blosse Differenz- sondern sogenannte absolute Beobachtungen machen könnte, nämlich solche, bei denen wie mit dem Meridiankreise, Theodoliten u. s. w. unmittelbar aus den Angaben der Kreise der Ort des zu bestimmenden Gestirnes abgeleitet wird, und man nicht mehr an die Bedingung eines nahe stehenden bekannten Sternes und die daran geknüpften Weitläufigkeiten in Rechnung und Beobachtung gebunden ist. Allein diese Instrumente zeigten bisher, was an sich bei der schiefen Lage ihrer Achsen nicht zu verwundern ist, eine so grosse Veränderlichkeit ihrer Korrectionen, dass man wenigstens in neuerer Zeit und bei der Genauigkeit, die man auf anderen Wegen jetzt zu erreichen im Stande ist, auf diese Anwendung des Aequatoriales hat verzichten müssen; denn bei solchem Gebrauche müssen, wie wir oben bei anderen Instrumenten sahen, die immer noch erübrigenden Fehler des Instrumentes in Rechnung gebracht werden, während man dieselben bei den Differenzbeobachtungen nicht weiter zu kennen braucht, und nur eben in so engen Grenzen zu halten hat, dass

die Kreise, Verniere u. s. w. zur **Aufsuchung** eines Gestirnes richtig genug stehen. Dem berühmten Mechaniker **Repsold** d. j. in Hamburg scheint übrigens an mehreren vor Kurzem für die Sternwarten in Christiania, Gotha, Altona, Lissabon u. a. O. gelieferten Aequatorialen eine auch jenen höheren Anforderungen genügende Konstruction gelungen zu sein, die der Idee nach von P. A. **Hansen** rührt, und von der, wenn sie sich bewährt, bei der ausserordentlichen Bequemlichkeit, welche die parallaktische Aufstellung sonst bietet, die Wissenschaft sich reiche Früchte versprechen darf.

Aber auch wenn die Kreise nicht zu eigentlichen **Messungen** zu benützen sind, gewährt das Aequatorial so wesentliche Vortheile, dass diese parallaktische Aufstellung der Fernröhre, wenigstens der grösseren, allgemein eingeführt zu werden verdient. In welche Lage nämlich durch Drehung um die Achse *FG* auch das Fernrohr *CD* gestellt wird, so beschreibt dasselbe, wenn man das Instrument um seine Achse *EF* bewegt, doch immer einen Kegel, dessen Achse eben diese Linie *EF*, d. h. die Weltachse selbst ist, oder mit anderen Worten, das bis an den Himmel verlängerte Fernrohr beschreibt daselbst einen Kreis, dessen Achse zugleich die Achse des Aequators ist. Allein einen ganz ähnlichen Kreis beschreibt auch jeder Stern am Himmel während seiner täglichen Bewegung um die Achse der Erde, woraus also folgt, dass das Fernrohr, wenn es einmal auf einen, dem Pole nahen oder fernen Stern gebracht und dann mittelst seiner Druckschraube *B* an seine Alhidade *mm'* geklemmt wird, nur entweder sanft mit der Hand oder besser mit der oben erwähnten Schraube *a* um die Achse *EF* gedreht werden darf, um den Stern, den ganzen Tag durch, immer unverrückt in der Mitte des Gesichtsfeldes zu erhalten. Ganz anders verhält sich diess bei einem Fernrohre, das wie in Fig. 128 aufgestellt ist, oder welches, wie gewöhnlich der Fall, bloss eine vertikale und eine horizontale Bewegung hat. Denn da die Gestirne in ihrem täglichen Gange für die bewohnten Theile der Erde keine von diesen beiden, sondern vielmehr eine aus beiden zusammengesetzte, schiefe Bewegung haben, so geschieht es nur zu oft, besonders bei stärkeren Vergrösserungen, dass der Beobachter den Stern, wenn er dem Rande des Fernrohrs zu nahe tritt, aus dem Gesichtsfelde verliert, wo er dann oft nicht ohne Mühe wieder aufgesucht werden muss, was bei einem parallaktisch aufgestellten Fernrohre nie besorgt werden darf.

Desshalb gewährt auch diese parallaktische Aufstellung das beste und bequemste Mittel, die grösseren Gestirne selbst bei Tage oder auch bei Nacht diejenigen lichtschwachen Gestirne aufzusuchen, die man mit unbewaffnetem Auge nicht mehr bemerken kann. Wenn man z. B. mit einem nach Fig. 128 aufgestellten Fernrohre Mars oder Jupiter am Tage oder auch die kleinen neuen Planeten bei Nacht sehen will, so muss man für die Zeit der Beobachtung ihr Azimuth und ihre Höhe kennen, die man nur durch umständliche Berechnungen finden kann. Stellt man dann die Alhidade des Kreises *M* auf das Azimuth und die des Kreises *mn* auf die Höhe oder Zenithdistanz des Sterns, so wird man den gesuchten Stern zwar allerdings in dem Felde des Fernrohrs erblicken, aber auch nur in dem Augenblicke, für welchen die Rechnung galt; ist dieser versäumt, so muss man die ganze Rechnung für eine andere Zeit wiederholen, da Azimuth sowohl als Höhe sich fortwährend und ungleich-

förmig ändern. Ist man hingegen im Besitze eines Aequatorials oder einer parallaktischen Maschine, so wird man für jede gegebene Sternzeit, in welcher man ein nach seiner Lage am Himmel bekanntes Gestirn beobachten will, nur von dieser Sternzeit die bekannte Rectascension des Sterns subtrahiren, um den Stundenwinkel (Einl. §. 28) desselben zu erhalten. Stellt man dann die Alhidade n des Kreises AA' (Fig. 131) auf diesen Stundenwinkel, und die Alhidade mm' des Kreises BB' auf die Poldistanz des Sterns, so wird man auch das gesuchte Gestirn sofort in dem Felde des Fernrohrs CD erblicken. Diese Rectascension und Poldistanz aber ist für alle Planeten und für viele Tausende von Fixsternen bereits in den astronomischen Ephemeriden und Sternkatalogen enthalten, aus welchen man sie daher nur nehmen darf, um das gesuchte Gestirn beinahe ohne alle Rechnung in sein Fernrohr bringen und beobachten zu können. Hat man aber etwa den Augenblick, für welchen der Stundenwinkel galt, versäumt, so ist nur dieser um die seitdem verflossene Zeit zu vergrössern, da sich von den beiden Einstellungsgrössen bloss der Stundenwinkel und zwar gleichförmig ändert.

Wenn das Fernrohr sehr lang oder schwer ist, wie bei grossen Spiegelteleskopen, so kann man dasselbe nicht mehr gut mit einer parallaktischen Aufstellung verbinden. In diesem Falle wird es in England zwischen einem starken Gerüste aufgestellt, wie man in Fig. 116 sieht. Hier ist die vertikale Bewegung des Fernrohrs durch die in der Zeichnung sichtbaren Schnüre, die horizontale aber dadurch hervorgebracht, dass das Instrument sammt seinem Gerüste mittelst Rollen auf der Peripherie einer kreisförmigen, horizontalen Unterlage, ebenfalls durch Schnüre oder Kurbeln herumgeführt wird. Solche Instrumente stehen gewöhnlich unter freiem Himmel, während für Aequatoriale um und über das Ganze ein Thurm mit einem beweglichen Dache erbaut wird, dessen Oeffnung man auf diejenige Stelle des Himmels bringt, die man eben beobachten will.

Die Zeichnung übrigens (Fig. 131), an welche wir hier und im Folgenden unsere Betrachtungen über das Aequatorial knüpfen, stellt einen Plössl'schen dialytischen Refractor vor; der Aufstellung desselben liegt im Allgemeinen die Reichenbach'sche Konstruction zu Grunde mit einigen nicht unwesentlichen Modifikationen, auf die wir zum Theile später zurückkommen werden, und von denen wir jetzt nur erwähnen wollen, dass das ganze Instrument sehr zweckmässig auf drei, statt wie bei Reichenbach auf vier Punkten ruht. Ein sogenannter Sucher X, wie er an grösseren Fernröhren immer angebracht ist, um mit freiem Auge auf irgend einen Gegenstand leichter einzustellen, als diess unmittelbar mit dem grossen Fernrohre geschähe, wird durch Korrectionsschrauben Y und Y' diesem letzteren parallel gestellt, so dass, wenn ein Object im Mittelpunkte des kleinen Fernrohrs steht, dasselbe sich auch im Centrum des grossen zeigt. Die Schrauben Z und Z' geben, die eine die gewöhnliche Einstellung für das Auge des Beobachters, die andere die richtige Lage des dialytischen Objectives im Innern des Rohres für jedes einzelne Ocular. Die Schraube a kann statt mit freier Hand auch durch das Uhrwerk W gedreht werden, wodurch das Fernrohr den Gestirnen in ihrem täglichen Laufe folgt, und daher ein einmal in das Feld gebrachter Stern von selbst in demselben bleibt, so lang er über dem Horizonte steht. Die Einrichtung dieses Triebwerkes behalten wir

uns vor, weiter unten, wo wir von Uhren überhaupt handeln werden, aus einanderzusetzen.

§. 44. (Rectifikation des Aequatorials.) Alles Vorhergehende setzt aber voraus, dass das Instrument in allen seinen Theilen so weit berichtigt ist, dass das Fernrohr, wenn es auf den Stundenwinkel und die Poldistanz eines Sterns gestellt wird, diesen Stern wenigstens in der Nähe des Durchschnittes seines Fadenkreuzes, wenn auch nicht genau in diesem Durchschnitte zeige. Dazu werden nun mehrere vorbereitende, die Stellung des Instruments betreffende Rectifikationen erfordert, von welchen die vorzüglichsten folgende sind.

1. Soll die Rotationsachse *EF* des Instruments in der Ebene des Meridians liegen. 2. Soll diese Achse gegen den Horizont um die Polhöhe des Beobachtungsortes geneigt sein. 3. Sollen die Alhidaden *mm'* und *n* der beiden Kreise so gestellt sein, dass ein Vernier der ersten auf Null steht, wenn das Fernrohr nach dem Pole des Aequators gerichtet ist, und dass ebenso ein Vernier der zweiten auf Null steht, wenn der Kreis *BB'* oder sein Fernrohr *CD* in der Ebene des Meridians ist. 4. Soll der Kreis *BB'* mit der Rotationsachse *EF* parallel sein, und endlich soll auch 5. die optische Achse des Fernrohrs *CD* mit dem Kreise *BB'* parallel liegen.

Den beiden letzten Forderungen wird man am besten auf folgende Art entsprechen. — Es wurde bereits oben (§. 42) gesagt, dass das Aequatorial eben nur ein Höhenkreis ist, dessen vertikale Achse *FE* man schief gegen den Horizont und zwar mit der Weltachse parallel legt. Nun wird man sich leicht eine einfache Vorrichtung, etwa nur von Holz verschaffen, durch welche man das Aequatorial so aufstellt, dass seine Drehungsachse *FE* in vertikale Lage zu stehen kommt. Dann wird man also einen Höhenkreis vor sich haben und an ihm jene beiden Fehler 4 und 5 ganz ebenso berichtigen, wie diess oben bei dem Höhenkreise gesagt worden ist. Man wird nämlich dann, nachdem man die Achse *EF* durch das oben angezeigte Verfahren auf den Horizont genau senkrecht gestellt hat, den Kreis *BB'* mit seiner vertikal stehenden Achse *EF* parallel machen, wenn man die Hänglibelle in zwei einander entgegengesetzten Lagen auf die Achse *FG* dieses Kreises *BB'* bringt und so oder durch ein neben den Kreis *BB'* gehaltenes Loth diese Achse *FG* horizontal, d. h. den Kreis *BB'* selbst vertikal oder mit der bereits vertikal stehenden grossen Drehungsachse *FE* parallel stellt. Und ebenso wird man die optische Achse des Fernrohrs mit der Ebene des Kreises *BB'* parallel stellen, wenn man das Fernrohr in zwei einander entgegengesetzten Lagen auf dasselbe terrestrische Objekt stellt. Dieses Verfahren hat noch den Vortheil, dass man, wenn durch das so aufgestellte Aequatorial die Zenithdistanz eines terrestrischen Objekts mit umgewendetem Kreise zweimal beobachtet wird (wie oben §. 32), den Zenithpunkt des Kreises *BB'* erhält. Wenn diese Berichtigungen vorüber sind, so legt man die Rotationsachse *EF* wieder in ihr, der Weltachse wenigstens beinahe paralleles Lager zurück, und bringt den Kreis *BB'* mittelst einer an seiner Achse *FG* aufgehängten Libelle in eine auf dem Horizonte senkrechte Stellung. — Von sorgfältigen Künstlern angefertigte Instrumente sind gewöhnlich in den eben besprochenen Punkten schon berichtigt, und bedürfen keiner weiteren Prüfung in dieser Beziehung.

Um dann die Drehungsachse *EF* in die Ebene des Meridians sowohl, als auch in die gehörige Neigung gegen den Horizont zu bringen, also den obigen Forderungen 1. und 2. zu entsprechen, wird man einen Stern, am besten den Polarstern, einige Minuten vor seiner Kulmination mit dem Fernrohre bei unverrückter senkrechter Stellung des Kreises *BB'*, also nur durch Drehung um *FG* aufsuchen, und durch einen Gehülfen den einen Endpunkt *E* oder *F* der Drehungsachse so weit östlich oder westlich bewegen lassen, dass der Stern im Augenblicke der Kulmination genau auf den dem Kreise *BB'* parallelen Faden, d. h. auf den Stundenfaden des Fernrohrs trifft, und dann wird die Rotationsachse *EF* in der Ebene des Meridians liegen, oder die oben angeführte erste Forderung wird erfüllt sein.

Nun kann diese im Meridian liegende Achse noch einen Winkel mit dem Horizonte bilden, der von der Polhöhe des Beobachtungsortes verschieden ist. Um daher auch diese zweite Stellung der Achse zu berichtigen, wird man bemerken, dass der oben gefundene Zenithpunkt des Kreises *BB'* jetzt, in der dem Aequatorial eigenthümlichen Lage, den Polpunkt dieses Kreises bildet. Diess ist nämlich derjenige Punkt des Kreises *BB'*, dessen Halbmesser der Rotationsachse *EF* parallel ist, und der daher, wenn man ihn bis an die Sphäre des Himmels verlängert, jetzt durch den Pol des Aequators gehen soll. Da man aber die Poldistanz des Polarsterns, durch Refraction verändert, ebenfalls kennt, so wird man das bereits in der Ebene des Meridians liegende Fernrohr auf denjenigen Punkt des Kreises *BB'* stellen, der von dem Polpunkte desselben um diese Poldistanz entfernt ist, und nun zusehen, ob im Augenblicke der Kulmination der Stern, nicht nur wie zuvor auf den Stundenfaden, sondern auch auf den Deklinationsfaden des Fernrohrs trifft. Ist diess nicht der Fall, so wird man durch den Gehülfen einen der beiden Endpunkte *E* oder *F* so lang höher oder tiefer schrauben lassen, bis der Deklinationsfaden den Stern genau bedeckt, und dann wird also auch die zweite der oben genannten Bedingungen erfüllt sein. — Fehlen dem Instrumente aber, wie es leider noch oft der Fall ist, die Korrectionsschrauben, durch welche man ein Ende der Achse *EF* östlich und westlich rücken und heben oder senken kann, so wird man das letztere durch die Fussschraube *S*, das erstere anfangs durch Drehen des ganzen Gestelles um die Säule *P*, später, wenn es sich bereits um kleinere Berichtigungen handelt, auch durch die Fussschraube *S'* bewerkstelligen, wobei jedoch mehrere Nachbesserungen nöthig sein werden, da *S'* nicht rein in dem gewünschten Sinne wirkt, und mittelbar auch die Neigung der Achse *EF* gegen den Horizont geändert wird, wenn man den Fuss *S'* des Instrumentes höher oder niedriger schraubt.

Liest man nach diesen Korrectionen des Instruments die Verniere der beiden Alhidaden ab, und findet man z. B., dass der Vernier *n* des Kreises *AA'* bei der Zahl $0^h\ 4^m\ 10^s$, und dass der Vernier *m* des Kreises *BB'* bei der Zahl $1^0\ 32'\ 6''$ steht, während die Sternzeit der Beobachtung, wo der Stern im Durchschnitte des Fadenkreuzes stand, gleich $1^h\ 2^m\ 30^s$ war, so kann man auch daraus die Fehler des Standes dieser beiden Verniere finden. Denn gesetzt, die Rectascension des Polarsterns sei $0^h\ 59^m\ 58^s$, so wird diese Sternzeit weniger der Rectascension der wahre Stundenwinkel des Sterns zur Zeit seiner Beobachtung sein. Dieser

wahre Stundenwinkel ist also in unserem Beispiele gleich $0^h\ 2^m\ 32^s$. Allein der an dem Kreise *AA'* des Instruments abgelesene Stundenwinkel war $0^h\ 4^m\ 10^s$, also um $0^h\ 1^m\ 38^s$ grösser als der wahre. Eben so sei die wahre Poldistanz des Sterns, wie sie von der Refraction verändert wird, gleich $1^0\ 34'\ 14''$, während die an dem Kreise *BB'* des Instruments abgelesene Poldistanz $1^0\ 32'\ 6''$ oder um $0^0\ 2'\ 8''$ kleiner war als die wahre. Daraus folgt, dass von diesen beiden Vernieren der eine *n* um $0^h\ 1^m\ 38^s$ zu weit westlich, und der andere *m* um $0^0\ 2'\ 8''$ zu nahe bei dem Pole steht, und jetzt kann man entweder diese Verniere durch eigens dazu bestimmte Schrauben so weit an ihren Alhidaden verschieben, dass diese Fehler gänzlich verschwinden, oder man kann auch, was sicherer ist, diese Fehler, wenn sie wie hier nur klein sind, bestehen lassen und von ihnen bei jeder Beobachtung Rechnung tragen. Dadurch wird also auch den zwei oben unter Nr. 3 angegebenen Bedingungen genug gethan, und das Instrument in vollkommen beobachtungsfähigem Zustande sein. Häufig ist schon vom Künstler die Achse *EF* in die richtige Stellung gegen das Gestelle unveränderlich gebracht, und jeder der beiden Verniere korrigirt; dann hat man nur für die Vertikalität der Säule *P* und auf oben angezeigte Art dafür zu sorgen, dass die Achse *EF* in den Meridian zu liegen komme.

Wenn man dann mit diesem Instrumente z. B. einen kleinen, mit blossen Augen unsichtbaren Stern aufsuchen will, dessen Rectascension $5^h\ 40^m\ 20^s$ und dessen Poldistanz $36^0\ 15'\ 40''$ beträgt, so wird man, um ihn zu der Sternzeit $10^h\ 50^m$ im Rohre zu haben, so verfahren:

Sternzeit	10^h	50^m	0^s	wahre Poldistanz	36^0	$15'$	$40''$
Rectasc.	5	40	20	Korrektion	—	2	8
wahr. Stundenw.	5	9	40	Instr. Poldistanz	36	13	32
Korrektion	+	1	38				
Instr. Stundenw.	5	11	18				

Man wird also den Vernier *n* auf den Theilstrich $5^h\ 11^m\ 18^s$ des Kreises *AA'*, und den Vernier *m* auf den Theilstrich $36^0\ 13'\ 32''$ des Kreises *BB'* stellen, und der verlangte Stern wird um $10^h\ 50^m$ Sternzeit in der Mitte des Feldes des Fernrohrs erscheinen.

Ganz ebenso würde man auch umgekehrt, wenn man die Mitte des Fernrohrs zu einer bestimmten Sternzeit auf ein noch unbekanntes Gestirn stellt, und dann die beiden Verniere abliest, die Rectascension und Poldistanz dieses Gestirns und dadurch den Ort desselben am Himmel finden. Denn gesetzt, man hätte diesen Stern um $16^h\ 17^m\ 20^s$ Sternzeit in der Mitte des Feldes im Durchschnittspunkte des Kreuzfadens gesehen und den Vernier des Aequatorkreises *AA'* gleich $4^h\ 11^m\ 28^s$, den Vernier des Deklinationskreises *BB'* aber gleich $54^0\ 3'\ 20''$ abgelesen, so hat man

Instr. Stundenw.	4^h	11^m	28^s	Instr. Poldistanz	54^0	$3'$	$20''$
Korrection	—	1	38	Korrection	+	2	8
wahrer Stundenw.	4	9	50	wahre Poldistanz	54	5	28
Sternzeit	16	17	20				
wahre Rectascension	12	7	30				

Indess ist, wie oben (§. 43) bereits gesagt wurde, ein solcher absoluter Gebrauch des Aequatoriales zur Bestimmung des Ortes der

Gestirne bisher nur selten versucht worden; in der Regel wendet man die Kreise bloss zur Einstellung des Fernrohres auf ein gewisses, mit freiem Auge unsichtbares Objekt an.

Ist das Instrument aber einmal auf obige Weise berichtigt, so pointire man sofort, und bevor man befürchten darf, dass die Fehler sich wieder verändert haben, zwei terrestrische Objekte, das eine nahe im Meridiane, das andere nahe im Stundenwinkel 90⁰ gelegen, und lese die dabei stattfindenden Stellungen des Vernier *m* am Deklinationskreise ab. Will man nun an einem folgenden Tage sich überzeugen, ob das Instrument noch rectificirt ist, so stelle man denselben Vernier zuerst z. B. auf die zum Objekte im Meridiane gehörende Lesung, klemme die Alhidade *mm'*, und sehe zu, ob das Objekt auf den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes oder den Kreuzpunkt der Fäden einspielt; ist diess nicht der Fall, so bringe man mittelst der Korrectionsschrauben, die ein Ende der Achse *EF* heben und senken, oder mittelst der Fussschraube *S* es dahin, dass das Objekt vom Fadenkreuze getroffen wird. Hierauf stelle man den Vernier *m* auf die zum zweiten Objekte gehörende Lesung, klemme die Alhidade, und führe das Fernrohr auf das zweite Objekt. Spielt es nicht ein, so drehe man die Korrectionsschrauben, welche ein Ende der Achse *EF* östlich oder westlich rücken, oder die Fussschraube S', oder endlich das ganze Instrument um seine Säule *P*, bis diess der Fall ist. Das Instrument kann auf diese einfache Weise immer wieder vollkommen berichtigt werden, vorausgesetzt, dass die Fehler der Verniere klein sind und bleiben, was bei gut konstruirten Instrumenten und sorgfältiger Behandlung immer der Fall sein wird.

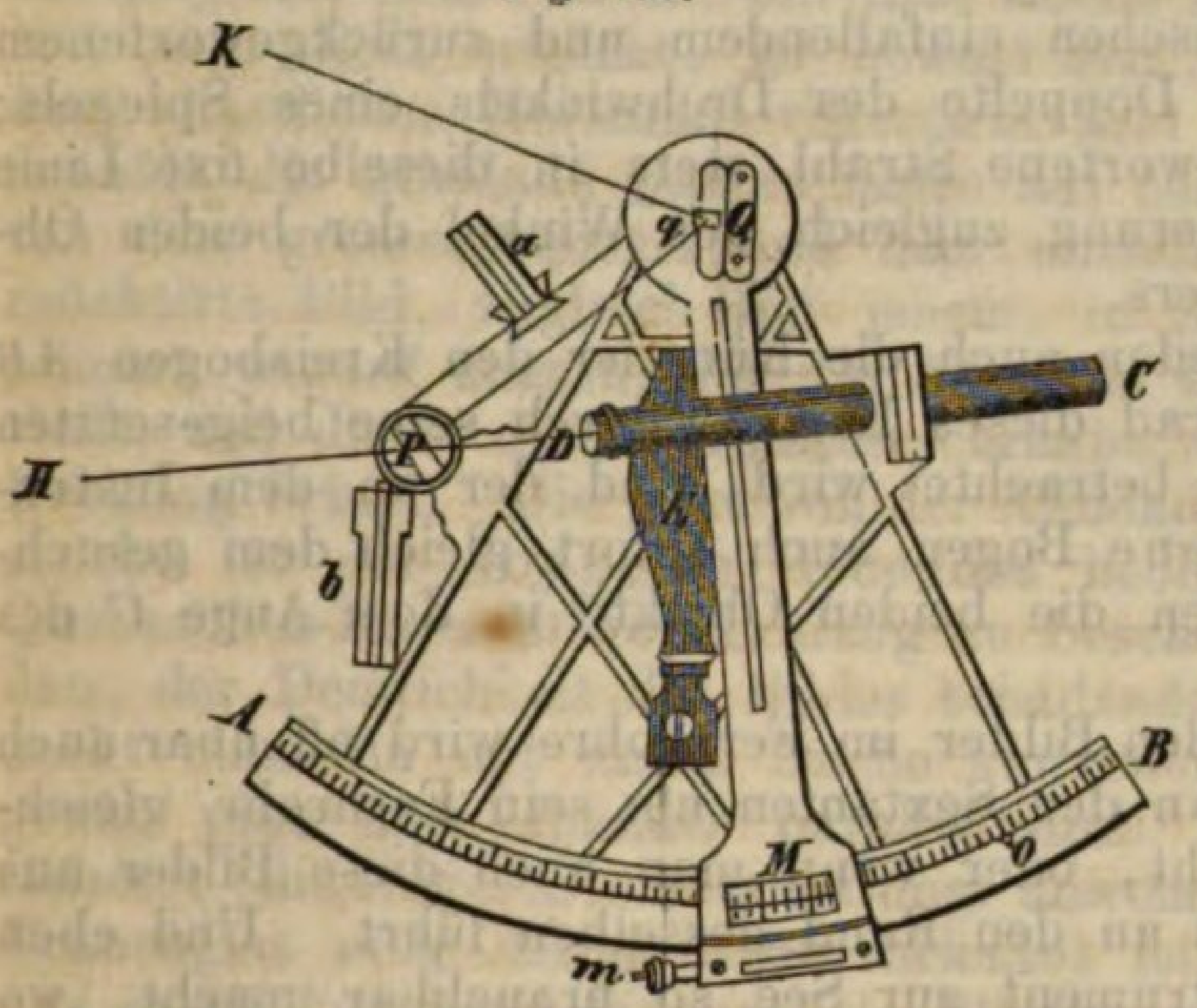
Um endlich, selbst wenn kleine Fehler in der Stellung des Instrumentes vorhanden sind, doch stets auf irgend ein gesuchtes Gestirn so genau einzustellen, als es die Theilungen der Kreise nur immer zulassen, wird man am besten vorerst ein dem gesuchten nahes und bekanntes Gestirn in den Mittelpunkt des Feldes bringen, ferner durch Ablesung der beiden Verniere *m* und *n* und Vergleichung mit der wahren Poldistanz und dem wahren Stundenwinkel den Betrag bestimmen, um welchen die wahren Grössen in der betreffenden Gegend des Himmels zu ändern sind, damit das fragliche Gestirn im Mittelpunkte des Sehfeldes erscheine, und nun auf das gesuchte Gestirn mit dessen so geänderter Stellung in Poldistanz und Stundenwinkel einstellen.

§. 45. (Hadley's Sextant.) Alle bisher beschriebenen Instrumente erfordern zu ihrer Anwendung, wie man sieht, einen festen und unveränderlichen Stand. Allein auf der See kann man diesen nicht haben, und daher war noch eine andere Gattung von Instrumenten wünschenswerth, die dieser Beschränkung nicht unterliegt. Das vorzüglichste von denen, die man zu diesem Zwecke ausgedacht hat, ist der Sextant (Fig. 132), der seinen Namen von John Hadley hat, obschon man bereits im Jahre 1742 oder zehn Jahre nach der Bekanntmachung dieser Erfindung unter Hadley's hinterlassenen Papieren eine Schrift von Newton's Hand gefunden haben soll, in welchem der letzte dieses Instrument, als von ihm selbst erfunden, beschreibt.

Der Sextant ist bestimmt, die Winkel zweier Gegenstände in jeder Richtung desselben gegen den Horizont selbst dann zu messen, wenn der Beobachter keinen festen Stand hat, daher er, wie gesagt, besonders für den Schiffer brauchbar ist, obschon er auch für Beobachtungen

auf dem festen Lande als eines der nützlichsten Instrumente erkannt werden muss.

Fig. 132.



Er besteht im Allgemeinen aus einem Kreissektor *AqO*, um dessen Mittelpunkt *q* sich eine Alhidade *qM* bewegt, welche bei *M* einen Vernier und bei *q* einen auf sie senkrechten Spiegel trägt. Die spiegelnde Fläche desselben geht durch den Mittelpunkt *q* des Kreissektors und ist mittelst einer Vorrichtung *Q* auf seiner Rückseite senkrecht auf der Ebene des Sektors befestigt. Ein anderer kleinerer Spiegel ist bei *P* ebenfalls senkrecht auf die Ebene des Sextanten und so befestiget, dass er sehr nahe parallel mit der Linie *qO* geht, die den Mittelpunkt *q* des Sextanten mit dem ersten oder dem Anfangspunkte *O* des eingetheilten Randes *AB* verbindet. Wenn die Alhidade *QM* mit ihrem Spiegel *q* so gestellt wird, dass der Index der Alhidade *M* durch diesen Anfangspunkt *O* der Theilung geht, so sind die Ebenen beider Spiegel zu einander nahe parallel.

Die obere Hälfte des kleinen Spiegels *P* hat kein Amalgam, und ist durchsichtig, so dass der Lichtstrahl von einem entfernten Objekte *H* durch diesen offenen Theil des Spiegels unmittelbar in das Auge *C* oder in das Fernrohr *DC* kommen kann. Wird nun die Alhidade *QM* mit dem daran befestigten Spiegel *q* so lange gedreht, bis der Strahl eines zweiten Objektes *K* in der Richtung *Kq* auf den grossen Spiegel kommt, und von demselben in der Richtung *qP* auf den untern Theil des kleinen Spiegels *P* reflektirt wird, von welchem er endlich in der Richtung *PC* in das Fernrohr oder in das Auge *C* des Beobachters fällt, so sieht dieses Auge zugleich das Objekt *H* durch die unmittelbaren Strahlen desselben, oder durch den durchbrochenen oberen Theil des Spiegels *P*, und das Objekt *K* durch die von beiden Spiegeln zweimal reflektirten Strahlen, in dem Felde des Fernrohrs, und man wird dann der Alhidade *QM*, nachdem man sie geklemmt hat, durch ihre Mikrometerschraube *m* noch eine kleine Bewegung geben können, durch welche man es dahin bringt, dass die Bilder der beiden Gegenstände *H* und *K* sich im Felde des Fernrohrs genau decken oder auf einander fallen. Da nun bei jedem Spiegel der einfallende Strahl *Kq* und der zurückgeworfene *qP* und eben so auch *qP* und *PD* mit der Ebene des Spiegels *Q* oder *P* immer denselben Winkel bilden, und da hier der vom Spiegel *Q* zurückgeworfene Strahl immer in dieselbe Linie *pQ* fällt, so sieht man leicht, dass bei einer solchen Stellung der Alhidade *QM*, für welche die Bilder der beiden Objekte *H* und *K* sich in dem Fernrohre decken, der Winkel, welchen beide Spiegel mit einander bilden, oder, was dasselbe ist, dass dann der Winkel *OqM* der Alhidade mit jener Linie *qO* des Anfangspunktes der Theilung, d. h. also, dass der von

dem Vernier M der Alhidade von jenem Anfangspunkte O an durchlaufene Bogen OM gleich ist der Hälfte des Winkels, welchen die beiden Objekte H und K in dem Auge des Beobachters bilden; denn die Aenderung des Winkels zwischen einfallendem und zurückgeworfenem Strahle beträgt immer das Doppelte des Drehwinkels eines Spiegels; hier aber, wo der zurückgeworfene Strahl stets in dieselbe fixe Linie geleitet wird, ist jene Aenderung zugleich der Winkel der beiden Objekte im Auge des Beobachters.

Aus dieser Ursache theilen auch die Künstler den Kreisbogen AB so ein, dass jeder halbe Grad dieses Kreises durch seine beigesetzten Zahlen schon als ein ganzer betrachtet wird, und der an dem Instrumente unmittelbar abgelesene Bogen auch sofort gleich dem gesuchten Winkel HCK ist, welchen die beiden Objekte in dem Auge C des Beobachters bilden.

Diese Deckung der beiden Bilder im Fernrohre wird offenbar auch dann nicht gestört, wenn man den Sextanten um sein Fernrohr, gleichsam um die Achse CD, dreht, oder wenn man auch diese Bilder aus dem Mittelpunkte des Feldes an den Rand desselben führt. Und eben diess ist es, was dieses Instrument zur See so brauchbar macht, wo man es während der Beobachtung mittelst der Handhabe E in freier Hand zu halten pflegt, so dass ungeachtet der Schwankungen des Schiffes die beiden Bilder der Gegenstände doch immer in dem Felde des Fernrohrs erhalten werden können. Bemerken wir noch, dass zur Beobachtung der Sonne eigne gefärbte Blendgläser bei a und b angebracht sind, die man aufwärts dreht, um das Gesicht gegen die Sonnenstrahlen durch diese Gläser zu schützen, und die also auch für minder hell leuchtende Gegenstände wieder in die Lage zurückgeschlagen werden, in welcher sie in unserer Zeichnung stehen.

§. 46. (Beobachtungen mit dem Sextanten.) Um die Winkeldistanz zweier Gegenstände, z. B. zweier Thürme oder Gestirne mit dem Sextanten zu messen, halte man das Instrument bei seiner Handhabe E mit der rechten Hand so, dass der eine H dieser Gegenstände durch den obern Theil des kleinen Spiegels P, unmittelbar in dem Fernrohre CD erscheint, so dass also die Achse dieses Fernrohrs in die Richtung CDH des einen dieser Gegenstände gebracht wird. Dann drehe man die Fläche des ganzen Sextanten um dieses Rohr, als um seine Achse, so lange, bis diese Fläche auch durch den andern Gegenstand K geht, und in dieser Lage des Sextanten (wo also der erste Gegenstand H immer im Felde des Fernrohrs bleibt,) bewege man die Alhidade QM so lange, bis auch der zweite Gegenstand K, sammt dem ersten, im Fernrohre sich zeigt. In dieser Stellung der Alhidade befestige man sie, durch ihre Druckschraube, an die Fläche des Sextanten, und bewege sie dann mittelst ihrer Mikrometerschraube m noch etwas, bis die Bilder der beiden Gegenstände sich in dem Felde des Rohrs vollkommen decken. Die Zahl des Theilstriches, bei welchem nun der Vernier der Alhidade steht, gibt den gesuchten Winkel der beiden Gegenstände H und K.

Wenn man aber nicht die gegenseitige Distanz zweier Gestirne, sondern die Höhe eines Gestirnes zu Lande finden will, so braucht man dazu noch einen sogenannten künstlichen Horizont (§. 32), am besten eine mit Quecksilber gefüllte Schale. Dann richtet man das Fernrohr des Sextanten so, dass man damit unmittelbar, durch den

oberen Theil des kleinen Spiegels, das Bild des Gestirns in diesem Horizonte sieht, worauf man die Ebene des Sextanten um das Fernrohr als um eine fixe Achse dreht, bis diese Ebene in eine vertikale Lage kommt. Hat man diess erreicht, so bewegt man, indem man immer das von dem künstlichen Horizonte reflectirte Bild des Gestirnes im Fernrohre festhält, die Alhidade QM so lange auf oder ab, bis auch das zweite, von dem grossen Spiegel und dem untern Theile des kleinen Spiegels reflektirte Bild, zugleich mit jenem, in dem Felde des Fernrohrs erscheint, worauf man wieder die Alhidade durch ihre Druckschraube fest stellt, und durch die Mikrometerschraube m beide Bilder zur genauen Deckung bringt. Die jetzt von der Alhidade angegebene Zahl der Theilstriche ist die doppelte Höhe des beobachteten Gestirns. Um den Quecksilber-Horizont vor Luftzug zu beschützen und die so entstehenden, der Deutlichkeit des Bildes schadenden Wellen zu verhindern, bedeckt man ihn mit einem Dache von zwei Glasplatten, deren Flächen genau plan und einander parallel sind. Statt des Glases wird man sicherer diejenige Glimmergattung anwenden, die unter dem Namen Frauenglas oder *Miroir d'âne* bekannt ist, da diese schon von Natur aus in vollkommen planparallele Blätter spaltet. Künstliche Horizonte, die aus Spiegeln bestehen und mit Libellen horizontal gestellt werden, sind wohl bequemer, aber nie so sicher, wie Quecksilber-Horizonte.

Auf dem Meere endlich bedient man sich zu diesem Zwecke des Horizontes der See, d. h. derjenigen Linie, welche die Oberfläche des Meeres von dem Himmel trennt, indem man diese Linie mit dem zu beobachtenden Gestirn im Felde des Fernrohrs zur Berührung bringt.

§. 47. (Rectifikation des Sextanten.) Die wichtigste der Berichtigungen des Sextanten betrifft den sogenannten Kollimationsfehler. Es sollen nämlich, wie gesagt, beide Spiegel auf der Ebene des Sextanten senkrecht stehen, und überdiess, beiläufig wenn die Alhidade auf Null steht, einander parallel sein. — Man stelle also die Alhidade in die Nähe des Nullpunktes der Eintheilung und sehe durch das Fernrohr auf irgend einen wohl begrenzten Gegenstand. Mit einer geringen Bewegung der Alhidade wird man das unmittelbar durch den oberen Theil des kleinen Spiegels sowohl, als auch das mittelbar durch den grossen Spiegel gesehene Bild desselben Gegenstandes in dem Fernrohre erblicken, worauf man beide, durch die Mikrometerschraube, zur genauen Deckung bringt. Steht in diesem Zustande die Alhidade nicht auf Null, sondern z. B. auf $0^0\ 30'$ des eingetheilten Randes, auf der Seite von dem Nullpunkte O nach A, so muss man von allen mit dem Instrumente beobachteten Winkeln diese Grösse $0^0\ 30'$ subtrahiren, um den wahren Winkel zu erhalten. Man wird ihn addiren, wenn die Alhidade auf der andern Seite, zwischen O und B stünde. Kann man aber bei dieser Untersuchung die beiden Bilder desselben Gegenstandes nicht zu genauer Deckung bringen, sondern gleiten sie, wenn man die Alhidade bewegt, über oder neben einander hin, so ist diess ein Zeichen, dass der kleine Spiegel nicht senkrecht auf der Ebene des Sextanten steht. In diesem Falle wird man dann diesem Spiegel durch die unter ihm, auf der hinteren Fläche des Sextanten, stehende Schraube die gehörige Neigung gegen diese Fläche geben, bis die beiden Bilder in der That zur Deckung gebracht werden können.

Besser ist es noch, zur Bestimmung jenes Kollimationsfehlers nicht ein terrestrisches Objekt, sondern die Sonne zu nehmen. Bringt man nämlich die beiden Bilder derselben mit ihrem scharf begrenzten Rande an den entgegengesetzten Seiten dieses Randes zur Berührung, und liest für beide Berührungen den Stand der Alhidade ab, so ist die halbe Differenz der beiden Lesungen der Kollimationsfehler des Instruments, und die halbe Summe derselben ist gleich dem Durchmesser der Sonne, wodurch man, da dieser Durchmesser aus den astronomischen Ephemeriden bereits bekannt ist, zugleich ein Prüfungsmittel hat, ob die beiden Beobachtungen in der That gut und verlässlich sind.

Schliesslich bemerken wir noch, dass in neuester Zeit vorzügliche Spiegelsextanten von Pistor in Berlin verfertigt werden, bei welchen der kleinere Spiegel durch ein Prisma ersetzt wird, eine Modifikation, die zuerst von Amici und Steinheil vorgeschlagen wurde, und wesentliche Vortheile bietet.

§. 48. (Mikrometer.) Es wurde bereits früher gesagt, dass sich in dem Brennpunkte jedes Fernrohrs, wenn dasselbe auf einen Gegenstand gerichtet wird, ein kleines, sehr deutliches Miniaturbildchen dieses Gegenstandes entwirft, und dass man daher in der durch diesen Punkt auf der Achse des Fernrohrs senkrechten Ebene mehrere Fäden auszuspannen pflegt, durch welche das Gesichtsfeld des Fernrohrs gleichsam in verschiedene Partien eingetheilt wird. Diese Fäden dienen zur genauen Bestimmung der Lage der Gestirne, die man in dem Augenblicke beobachtet, wo sie von diesen Fäden bedeckt werden.

Bisher haben wir nur die einfachste Gattung dieses Fadennetzes kennen gelernt, nämlich drei oder mehrere senkrechte, unter sich parallele Fäden, die von einem horizontalen geschnitten werden, wo man dann z. B. bei dem Mittagsrohre an den vertikalen Fäden die Rectascension und bei dem Meridiankreise überdiess an dem horizontalen Faden die Höhe oder die Deklination der Gestirne zu beobachten hat.

Eben so haben wir schon oben gesagt, dass ein Hauptgeschäft des praktischen Astronomen die genaue Bestimmung der grösstmöglichen Anzahl von Fixsternen in allen Gegenden des Himmels ist. Zwar müssen wir, bei dem bisherigen Zustande der Wissenschaft, darauf Verzicht leisten, diese Fixsterne selbst, ihre Grösse, Entfernung und dergleichen kennen zu lernen; wir müssen uns begnügen, bloss den scheinbaren Ort, welchen sie für uns am Himmel einnehmen, oder ihre Rectascension und Deklination zu bestimmen. Allein auch diese blosse Ortskenntniss ist für die gesammte praktische Astronomie von dem grössten und wesentlichsten Nutzen. Denn diese Orte dienen uns als fixe und wohlbekannte Punkte des Himmels, an welche wir alle unsere übrigen Beobachtungen der Planeten und Kometen und der Sonne selbst gleichsam anreihen, und dadurch auch den scheinbaren Ort dieser Himmelskörper bestimmen. Um diese letzten aber ist es uns zunächst zu thun, da sie es sind, die zu dem eigentlichen Haushalte des Sonnensystems gehören, auf dessen nähere Kenntniss sich, wie jetzt die Sachen stehen und wahrscheinlich noch lange stehen werden, die meisten unserer astronomischen Untersuchungen beschränken müssen.

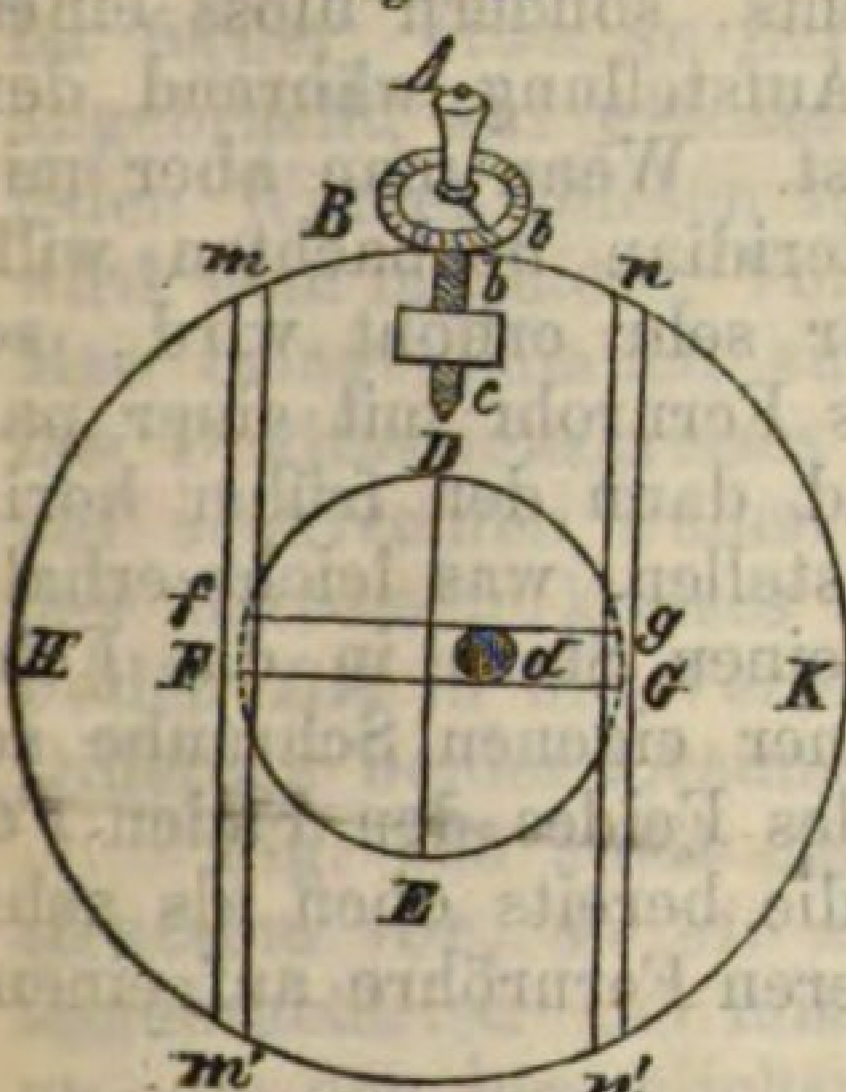
Nehmen wir nun an, wir hätten unserem oben erwähnten Fadennetze eine solche Einrichtung gegeben, dass man damit nicht bloss, wie bisher, die Appulse der Sterne an diese Fäden beobachten, sondern

dass man damit auch wenigstens solche Intervalle am Himmel messen könnte, die das Gesichtsfeld des Fernrohrs nicht sehr übersteigen, übrigens in beliebiger Richtung liegen. Ein solches Netz würde uns, wie man sogleich sieht, bei der Beobachtung jener Planeten und Kometen von dem grössten Nutzen sein; denn nun dürfte man ein mit einem solchen Fadennetze versehenes Fernrohr nur eben so aufstellen, dass man dadurch einen bekannten Fixstern sehen kann, von dem man weiss, dass er von dem Planeten, den man eigentlich beobachten will, nicht zu weit entfernt ist, um auch diesen noch, einige Zeit vor oder nach dem Stern, in dem Felde des unverrückten Fernrohrs sehen zu können. Dann wird man, mittelst jener Fäden, nur den Abstand jener beiden Gestirne von einander messen, um sofort, da der Ort des Fixsterns am Himmel schon bekannt ist, auch den gesuchten Ort des Planeten zu erhalten.

Eine solche Vorrichtung, deren man mehrere ausgedacht hat, wird Mikrometer genannt, da sie, wie man sieht, zur Messung zunächst von kleinen Distanzen (μικρός klein, μέτρον Mass) bestimmt ist.

§. 49. (Schraubenmikrometer.) Auf einer in dem Brennpunkte des Fernrohrs senkrecht auf die Achse desselben befestigten und in ihrer Mitte kreisförmig durchbohrten Messingplatte *HK* (Fig. 133), ist ein horizontaler Faden *FG* und ein vertikaler *DE* befestigt. Auf dieser Platte sind zwei Leisten *mm'* und *nn'* angebracht, zwischen welchen und der Platte sich eine zweite, ebenfalls durchbohrte Platte, parallel mit jener ersten, mittelst einer feinen Schraube *Abc* auf und ab bewegen lässt. Diese zweite Platte ist ebenfalls mit einem horizontalen Faden *fg* versehen, der sich, wenn die zweite Platte durch ihre Schraube bewegt wird, parallel mit dem ersten *FG* auf und ab bewegt. Diese Schraube trägt bei ihrer Handhabe *A* einen Index *b*, der, während der Umdrehung der Schraube, auf einer eingetheilten Scheibe *B* herumgeht, und dadurch noch z. B. den hundertsten Theil einer Umdrehung dieser Schraube anzeigt.

Fig. 133.



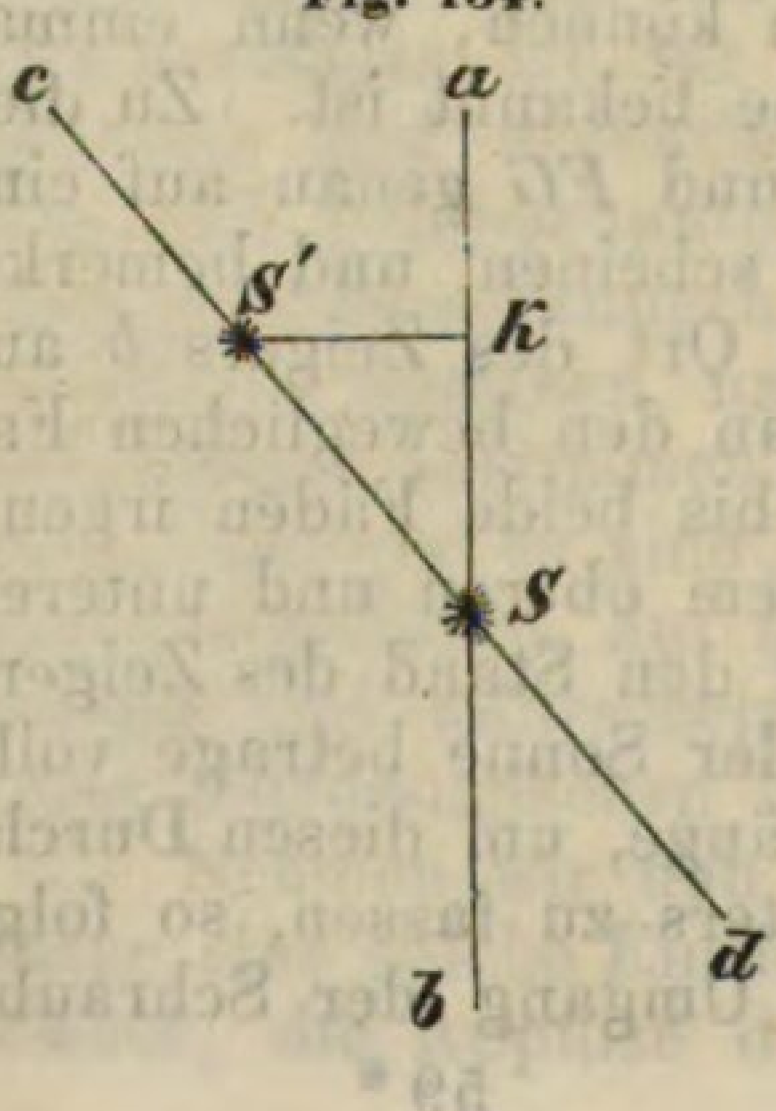
Wenn diese Schraube, wie hier vorausgesetzt wird, sehr feine und durchaus gleiche Windungen hat, so wird man dadurch die senkrechten Distanzen zweier Gestirne sehr genau bestimmen können, wenn einmal der Werth einer ganzen Umdrehung der Schraube bekannt ist. Zu diesem Zwecke stellt man zuerst beide Fäden *fg* und *FG* genau auf einander, so dass sie nur einen einzigen zu bilden scheinen, und bemerkt, für diesen Stand des beweglichen Fadens, den Ort des Zeigers *b* auf der eingetheilten Scheibe *B*. Dann schraubt man den beweglichen Faden *fg* so weit über oder unter den festen *FG*, bis beide Fäden irgend ein bekanntes Gestirn, z. B. die Sonne *d* an ihrem oberen und unteren Rande genau berühren, und bemerkt nun wieder den Stand des Zeigers auf seiner Scheibe. Gesetzt, der Durchmesser der Sonne betrage volle 32 Minuten, und die Schraube machte 40¼ Umgänge, um diesen Durchmesser zwischen den beiden Fäden des Mikrometers zu fassen, so folgt daraus, wie man leicht sieht, dass ein ganzer Umgang der Schraube

47.7 Sekunden, und daher jeder hundertste Theil derselben 0.477 Sekunden betrage. Diess vorausgesetzt, sei ein mit einem solchen Schraubenmikrometer versehenes Fernrohr im Meridian so aufgestellt, dass der Faden *FG* horizontal, und *DE* vertikal steht. In dieser Stellung lässt man einen bekannten Fixstern durch das Feld des Fernrohrs gehen, und schraubt den beweglichen Faden *fg* auf ihn, so dass der Stern, während er durch das Feld geht, die ganze Länge dieses Fadens zurücklegt. Zugleich beobachtet man auch seinen Durchgang durch den festen vertikalen Faden *DE*. — Dasselbe thut man nun auch mit dem bald darauf folgenden Planeten, und bemerkt zugleich, wie viel Umdrehungen man die Schraube gedreht hat, um den beweglichen Faden von seiner letzten Stelle, wo er den Stern traf, auf diejenige zu bringen, wo der Mittelpunkt des Planeten durch ihn ging. Diese Anzahl der Umdrehungen durch 47.7 multiplicirt, gibt sofort die Differenz der Deklination beider Gestirne, und die Zwischenzeit, die von dem Appulse des Fixsterns durch den Vertikalfaden *DE* bis zu dem des Planeten verflossen ist, gibt die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne. Da man nun die Rectascension und Deklination des Fixsterns bereits kennt, so erhält man dadurch auch sofort die Rectascension und Deklination des Planeten.

Man sieht, dass man zu solchen Beobachtungen, so wichtig sie auch sind, keines grossen, kostbaren Instruments, sondern bloss eines guten Fernrohrs bedarf, von dessen fester Aufstellung während der Dauer beider Beobachtungen man versichert ist. Wenn man aber mit einem solchen Fernrohre auch ausser dem Meridian beobachten will, wodurch die Anwendbarkeit desselben offenbar sehr erhöht wird, so wird es vortheilhaft sein, ein so eingerichtetes Fernrohr mit einer parallaktischen Maschine §. 43 zu verbinden und dann den früher horizontalen Faden *FG* dem Aequator parallel zu stellen, was leicht erhalten wird, wenn man vor den Beobachtungen einen Stern in das Feld eintreten lässt, und die Platte *HK* mittelst einer eigenen Schraube so dreht, dass der Stern durch die ganze Länge des Feldes den Faden *FG* nicht verlässt. Diess ist ein Grund mehr für die bereits oben als sehr vortheilhaft angegebene Aufstellung aller grösseren Fernröhre auf einem parallaktischen Stative.

§. 50. (Positionsmikrometer.) So wie man eben die Lage eines unbekannten Gestirnes gegen ein anderes bekanntes, z. B. eines Planeten gegen einen bekannten Fixstern durch den Unterschied der Rectascension und Deklination beider bestimmt, so dient in anderen Fällen zu demselben Zwecke die Distanz beider Gestirne und der oben bei Gelegenheit der Doppelsterne (II. Abth. §. 191) erwähnte sogenannte Positionswinkel. Sind in Fig. 134 *S* und *S'* die beiden Sterne, so drückt der Bogen *SS'* ihre Distanz aus, und wenn man sich durch einen der zwei Sterne, etwa *S* den Deklinationskreis *ab* gezogen denkt, der über *a* hinaus zum Nordpole führen soll, so heisst, wie wir wissen, der Winkel *aSS'*, vom Deklinationskreise *aS* über Osten, Süden u. s. w. gezählt, der Positions-

Fig. 134.



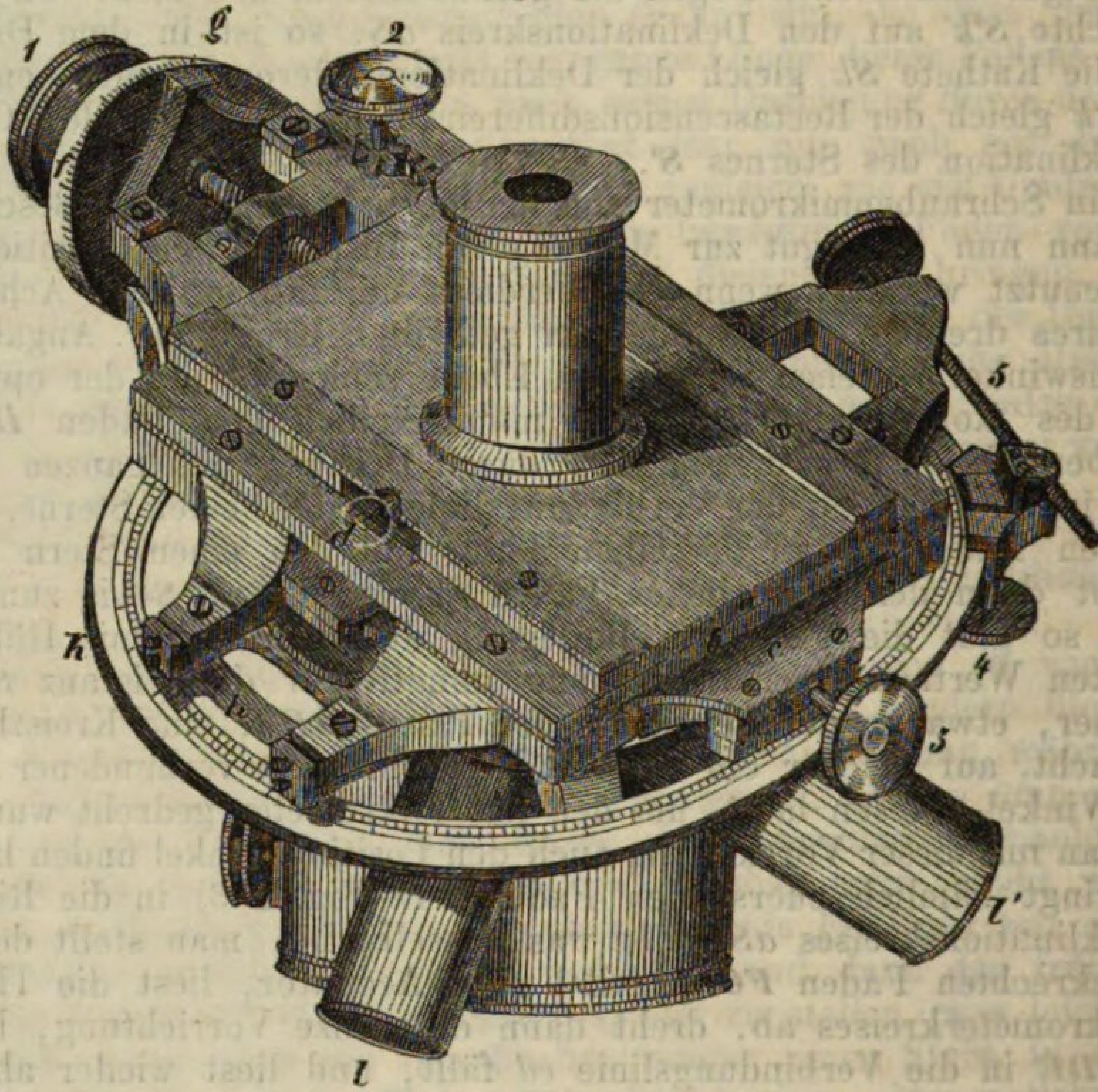
winkel des Sternes *S'* gegen *S*. Hat man Distanz und Positionswinkel für ein solches Sternenpaar gefunden, so ist es sehr leicht, daraus dessen Rectascensions- und Deklinations-Differenz abzuleiten. Betrachtet man nämlich wegen der immer nur sehr kleinen Distanz der Sterne die in der Figur enthaltenen Bogen als gerade Linien, und zieht von *S'* die Senkrechte *S'k* auf den Deklinationskreis *aS*, so ist in dem Dreiecke *SS'k* die Kathete *Sk* gleich der Deklinationsdifferenz, und ebenso die Seite *S'k* gleich der Rectascensionsdifferenz multiplicirt mit dem Cosinus der Deklination des Sternes *S'*.

Ein Schraubenmikrometer von der oben beschriebenen Beschaffenheit kann nun sehr gut zur Messung von Distanzen und Positionswinkeln benutzt werden, wenn es überdiess um die optische Achse des Fernrohres drehbar, und mit einem getheilten Kreise zur Angabe der Positionswinkel versehen ist, dessen Ebene senkrecht auf der optischen Achse des Rohres steht. Bringt man nämlich den Faden *DE* des Schraubenmikrometers in Fig. 133 durch Drehung des ganzen Mikrometers in die Richtung der Verbindungslinie *cd* der beiden Sterne, ferner den fixen Faden *FG* in derselben Figur auf den einen Stern *S* und schraubt dann den beweglichen Faden *fg* vom Sterne *S* bis zum zweiten *S'*, so gibt die gemachte Bewegung der Schraube mit Hülfe des bekannten Werthes einer Umdrehung unmittelbar die Distanz *SS'* an. Ist ferner, etwa an der Peripherie der Platte *BHK*, eine Kreistheilung angebracht, auf welcher ein mit dem Fernrohre fest verbundener Nonius jeden Winkel ablesen lässt, um den das Mikrometer gedreht wurde, so wird man mit dieser Vorrichtung auch den Positionswinkel finden können. Man bringt nämlich zuerst den Faden *DE* (Fig. 133) in die Richtung des Deklinationskreises *aS*, oder was dasselbe ist, man stellt den darauf senkrechten Faden *FG* parallel zum Aequator, liest die Theilung des Mikrometerkreises ab, dreht dann die ganze Vorrichtung, bis der Faden *DE* in die Verbindungslinie *cd* fällt, und liest wieder ab. Die Differenz beider Lesungen gibt den Positionswinkel.

Fig. 135 stellt einen Positionskrometer nach Fraunhofer's Konstruction vor, so wie er z. B. an dem Refractor der Wiener Sternwarte angebracht ist. Der mit 1 bezeichnete Schraubenkopf gehört der Schraube an, die den beweglichen Faden verschiebt und zur Messung der Distanzen dient. Durch Drehung derselben verschieben sich die beiden Platten *a* und *b* gemeinschaftlich mit dem Ocular, und die Anzahl der ganzen Umdrehungen der Schraube erhält man durch Ablesung der Verschiebung des auf der Platte *b* befindlichen Index bei *e* gegen die Theilung *d*, deren jedes Intervall einem Schraubenumgange entspricht. Die Trommel *f* an der Schraube 1 ist überdies in 100 gleiche Theile getheilt, so dass man noch $^1/_{100}$ und durch Schätzung selbst $^1/_{1000}$ eines Schraubenganges mittelst des Index *g* finden kann. Ein ganzer Schraubenumgang beträgt nahe 25 Bogensekunden, daher der tausendste Theil eines Umganges nur $0''.025$ oder $^1/_{40}$ einer Sekunde, eine ungemein kleine Grösse, die nur bei den feinsten Messungen in Betracht kommen wird. Die Kurbel 2 erlaubt das Ocular mit der obersten Platte *a* allein zu verschieben, wodurch an der Stellung der Fäden nichts geändert, sondern nur das Ocular vor verschiedene Theile des Gesichtsfeldes gebracht wird. Die Schraube 3 bewegt die dünne Platte *c*, an welcher der fixe Faden angebracht ist. Zur Messung der Positionswinkel dient der

Kreis k, auf welchem sich der Nonius h verschiebt, sobald das ganze System von Platten mit dem Oculare und den Fäden um die optische Achse des Fernrohres gedreht wird. Die Schraube 4 ist eine ganz ge-

Fig. 135.



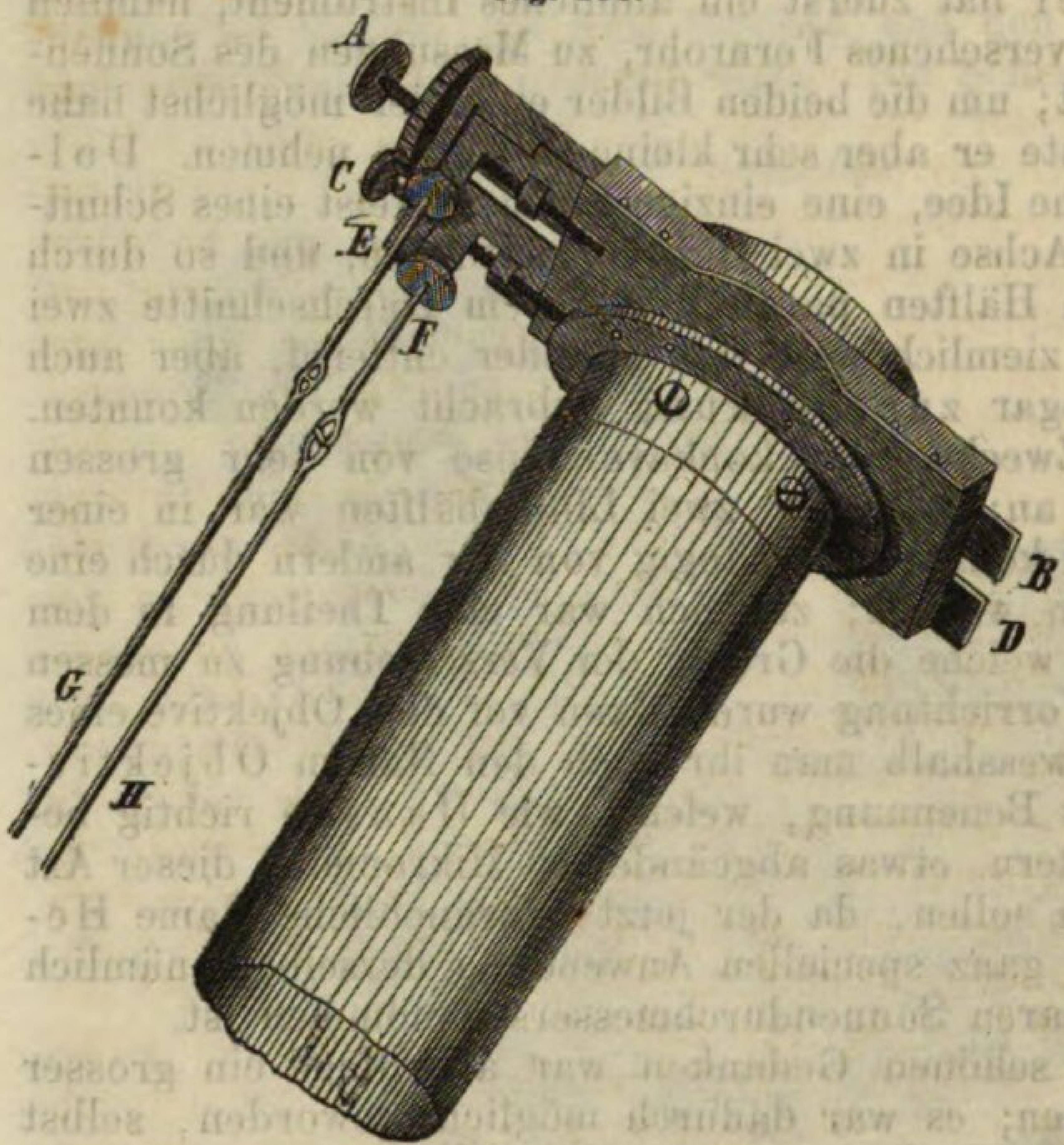
wöhnliche Klemmschraube, so wie 5 die zugehörige Mikrometerschraube zur Hervorbringung feiner Bewegungen im Sinne des Positionswinkels. $l\,l'$ endlich sind Röhren zur Aufnahme von kleinen Lampen, die zur Beleuchtung der Fäden im Gesichtsfelde dienen. Durch diese Lämpchen werden die Fäden von vorn erleuchtet, so dass sie als lichte Linien erscheinen und das Feld dunkel bleibt, was bei sehr lichtschwachen Gestirnen durchaus nöthig ist, und desshalb bei Instrumenten, wo diese Einrichtung nicht möglich, auf andere Weise zu erreichen gesucht wird. Bei den bisher erwähnten Beleuchtungsarten von Fäden (§. 15, 16, 30, 36) wird das Licht der dazu bestimmten Lampen von rückwärts auf die Fäden geleitet, daher das ganze Feld licht wird, und nur die Fäden als schwarze Linien sich davon abheben, wobei also bloss lichtstarke Objekte beobachtet werden können. — Man sieht, dass Messungen mit dem Positionsmikrometer die Möglichkeit voraussetzen, das Gestirn eine Weile auf derselben Stelle im Felde zu erhalten. Hierzu dienen eigene Triebwerke (§. 55).

§. 51. (Heliometer.) So wie das Objektiv eines gewöhnlichen Fernrohrs ein Bild jedes leuchtenden Objektes liefert, so würde man durch Nebeneinanderstellen zweier Objektive von gleicher Brennweite zwei gleich grosse Bilder des Gegenstandes erhalten, die um so weiter von einander

entfernt wären, je grösser die gegenseitige Entfernung beider Objektive gemacht wird. Bouguer hat zuerst ein ähnliches Instrument, nämlich ein mit zwei Objektiven versehenes Fernrohr, zu Messungen des Sonnendurchmessers angewendet; um die beiden Bilder einander möglichst nahe bringen zu können, musste er aber sehr kleine Objektive nehmen. Dollond fasste die glückliche Idee, eine einzige Linse mittelst eines Schnittes durch ihre optische Achse in zwei Hälften zu theilen, und so durch Verschiebung der beiden Hälften parallel zu ihrem Durchschnitte zwei Bilder zu erzeugen, die ziemlich weit von einander entfernt, aber auch beliebig genähert, ja sogar zur Deckung gebracht werden konnten. Er wandte zu diesem Zwecke eine konkave Linse von sehr grossen Krümmungshalbmessern an; jede der zwei Linsenhälften war in einer besonderen Fassung, und konnte unabhängig von der andern durch eine kleine Kurbel verschoben werden; zugleich war eine Theilung in dem Instrumente angebracht, welche die Grösse der Verschiebung zu messen erlaubte. Diese ganze Vorrichtung wurde dann vor dem Objektive eines Fernrohres aufgesteckt, wesshalb man ihr auch den Namen Objektivmikrometer gab, eine Benennung, welche, wie Hansen richtig bemerkt, auch für die spätern, etwas abgeänderten Mikrometer dieser Art hätte beibehalten werden sollen, da der jetzt gebräuchliche Name Heliometer nur von einer ganz speciellen Anwendung derselben, nämlich der Messung des scheinbaren Sonnendurchmessers genommen ist.

Durch Dollond's schönen Gedanken war allerdings ein grosser Schritt vorwärts geschehen; es war dadurch möglich geworden, selbst Fernröhre von bedeutenden Oeffnungen mit solchen Mikrometern zu versehen, und auch die kleinsten Winkel mit Sicherheit zu messen. Aber andererseits ward, sonstiger Nachtheile und Mängel nicht zu gedenken, durch das Hinzutreten der getheilten Konkavlinse die Zahl der brechenden und reflectirenden Flächen des Fernrohres um zwei vermehrt, was einen keineswegs geringen Lichtverlust zur Folge hat. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wagte sich Fraunhofer an ein Zerschneiden des Objektives selbst, eine mit den grössten mechanischen Schwierigkeiten verbundene Operation, da der Vollkommenheit der Gestalt des Objektives, von welcher doch vorzugsweise die Schärfe des Bildes im Fernrohre abhängt, dadurch nicht der mindeste Eintrag geschehen darf. Es gelang ihm wirklich, und seitdem verfertigt man nur Heliometer nach seiner Konstruction mit zerschnittenem Objektive. Fraunhofer hat zugleich zur Verschiebung der Objektivhälften sehr feine, mit der höchsten Sorgfalt gearbeitete Mikrometerschrauben angewandt, ähnlich denen bei Positionsmikrometern, und so gegen alle Erwartung das Heliometer zu einem der schärfsten Messapparate für kleine Winkel erhoben. Fig. 136 zeigt das Objektiv eines als Heliometer eingerichteten Fernrohres. *AB* und *CD* sind die zwei Schieber, die als Fassungen der beiden Objektivhälften dienen, *A* und *C* die Köpfe der Mikrometerschrauben zur Bewegung der Schieber. Die letzteren haben Theilungen, die an einem festen Index vorbeirücken und dadurch die gegenseitige Stellung der Mittelpunkte der beiden Hälften angeben. Zeigt an beiden Theilungen der Index auf denselben Theilungspunkt, so fallen die Mittelpunkte der Objektivhälften zusammen, sie bilden, so zu sagen, nur Ein Objektiv, und ihre Bilder decken sich; im gegentheiligen Falle erkennt man aus der Differenz der Lesungen an den Theilungen der Schieber,

Fig. 136.



wo ein Intervall einer ganzen Schraubenumdrehung entspricht, mit Hülfe des bei jeder Messung als bekannt vorausgesetzten Werthes einer Umdrehung im Bogenmasse am Himmel, die gegenseitige Distanz beider Bilder. Um auch Theile einer Umdrehung der Schraube mit Sicherheit zu erhalten, ist der Kopf der Schraube *A*, wie beim Positionsmikrometer in 100 gleiche Theile getheilt, und lässt so $^1/_{1000}$ einer Revolution wenigstens noch schätzen. ***E*** und ***F*** sind gezähnte Räder, die in die Köpfe der Schieberschrauben eingreifen, ***G*** und ***H*** dünne Stangen, die bis zum Beobachter reichen, und mit deren Hülfe er, ohne vom Ocular sich zu entfernen, jede beliebige Aenderung in der Stellung der beiden Objektivhälften vornehmen kann.

Um mit dem Heliometer eine einfache Winkelmessung zu bewerkstelligen, und z. B. den Durchmesser eines Planeten zu bestimmen, wird man in folgender Weise verfahren. Man stellt zuerst die beiden Objektivhälften so, dass die zwei Bilder des Planeten sich vollkommen decken, in welchem Falle der Index auf den beiden Theilungen der Schieber nahe dieselbe Theilungszahl anzeigen wird. Hierauf verschiebt man die Objektivhälfte, die durch die Schraube *A* bewegt wird, bis die Bilder des Planeten sich mit ihren Rändern berühren. Offenbar hat man dadurch die Bilder gegen ihre erste Stellung um den Durchmesser des Planeten von einander entfernt. Oder: Man lässt die Bilder gleich anfangs sich berühren, wie *a* und *b* in Fig. 137, und bewegt dann das Bild *a* durch die Schraube *A* über das andere Bild in die Stellung *c*, wo sich die Ränder auf der entgegengesetzten Seite berühren. Da man hier um den doppelten Durchmesser des Planeten bewegt hat, so wird man von dem gefundenen Winkel die Hälfte zu nehmen haben, um den Durchmesser zu finden. Man kann übrigens bei Heliometerbeobachtungen ein beliebiges Multipliciren der Winkel vornehmen. So darf man nur, nachdem das Bild *a* mittelst der Schraube *A* nach *c* geführt worden, mit der Schraube *C* das andere Bild *b* nach *d* bewegen, und wenn man dann, abermals mittelst der Schraube *A* das Bild *c* nach *e* bringt, so hat man es von der Lage *a* bis *e* um den 4fachen Durch-

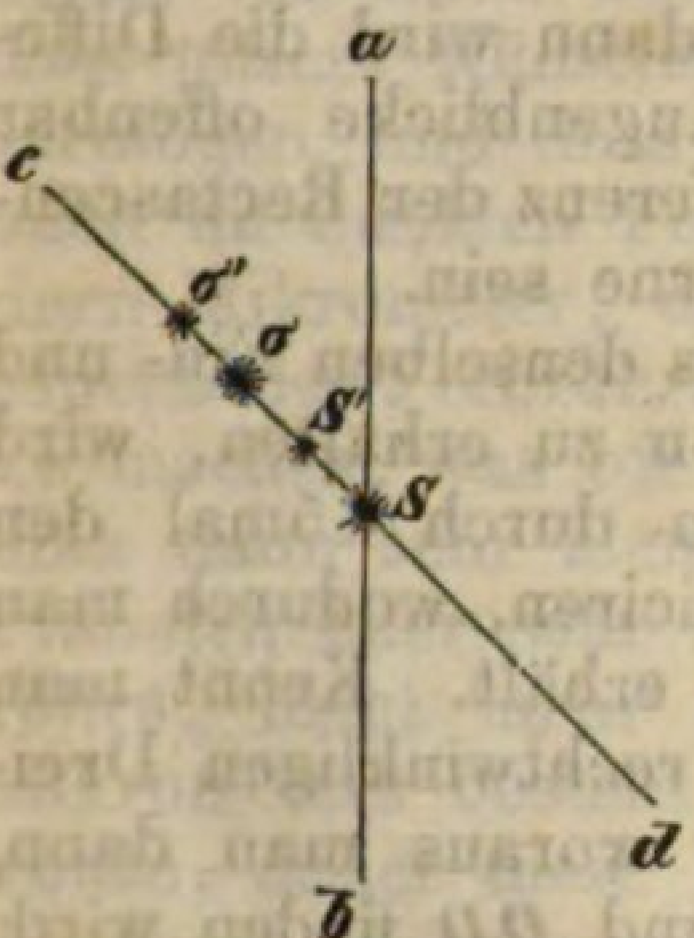
Fig. 137.



messer des Planeten verschoben. Ebenso kann man den 6, 8 . . . fachen Diameter finden.

Um aber nebst Distanzen auch Positionswinkel zu erhalten, ist, wie beim Positionsmikrometer das Ocular sammt den Platten, worauf die Fäden ausgespannt sind, so beim Heliometer das ganze Objectiv um die optische Achse des Fernrohrs drehbar und mit einem Kreise zur Ablesung der Positionswinkel versehen; bei den neueren Instrumenten kann diese Drehung des Objektives durch den Beobachter selbst vorgenommen werden, ohne dass er genöthigt wäre, das Auge vom Oculare zu entfernen. Hat man nun z. B. Distanz und Positionswinkel eines Doppelsternes SS' (Fig. 138) zu messen, so dreht man zuerst das Objektiv um die optische Achse des Fernrohres, bis die Richtung der Bewegung der beiden Schraubenschieber, oder, was dasselbe ist, die Schnittlinie des Objektives mit der Richtung der Verbindungslinien *cd* der beiden Komponenten des Doppelsternes parallel ist. Man erkennt diese Stellung dadurch, dass, sobald sie erreicht ist, das zweite Bild $\sigma\sigma'$ des Doppelsternes mit dem ersten SS' in dieselbe gerade Linie fällt. Ist dies geschehen, so verschiebt man das Bild $\sigma\sigma'$ so weit gegen das erste, bis etwa die 4 Sterne SS' $\sigma\sigma'$ in gleichen Distanzen von einander erscheinen, in welchem Falle man offenbar an der Theilung des Schiebers und der Schraube A die doppelte Distanz der beiden Sterne erhält. Setzen wir voraus, der Positionskreis des Objektives zeige genau auf 0, wenn die Schnittlinie des Objektives parallel zur Richtung des Deklinationskreises *ab* des Sternes S ist, so erlaubt der Kreis unmittelbar den Positionswinkel abzulesen. Ob aber der Nullpunkt des Kreises in der That genau an der hier angenommenen Stelle stehe, und wenn diess nicht der Fall wäre, wie gross die Abweichung sei, findet man auf folgende Art. Man denke sich im Gesichtsfelde des Fernrohres zwei auf einander senkrechte Fäden gespannt, die durch ihren Durchschnittspunkt einen Punkt im Felde bestimmen. Man stelle die Objektivhälften um ein ziemlich bedeutendes Stück aus einander, und suche durch geeignete Bewegung im Sinne des Stundenwinkels und der Deklination, so wie durch gehörige Drehung des Objektives im Sinne des Positionskreises das Fernrohr in eine solche Stellung zu bringen, dass die beiden Bilder desselben Sternes durch eine blosse Deklinationsbewegung des Fernrohres successive in den Durchkreuzungspunkt der Fäden gelangen. Ist diess erreicht, so steht die Schnittlinie des Objektives parallel zum Deklinationskreise, und in dieser Lage soll der Positionskreis Null zeigen. Ist diess nicht der Fall, so ist der Unterschied unmittelbar die Korrection der gelesenen Positionswinkel.

Fig. 138.

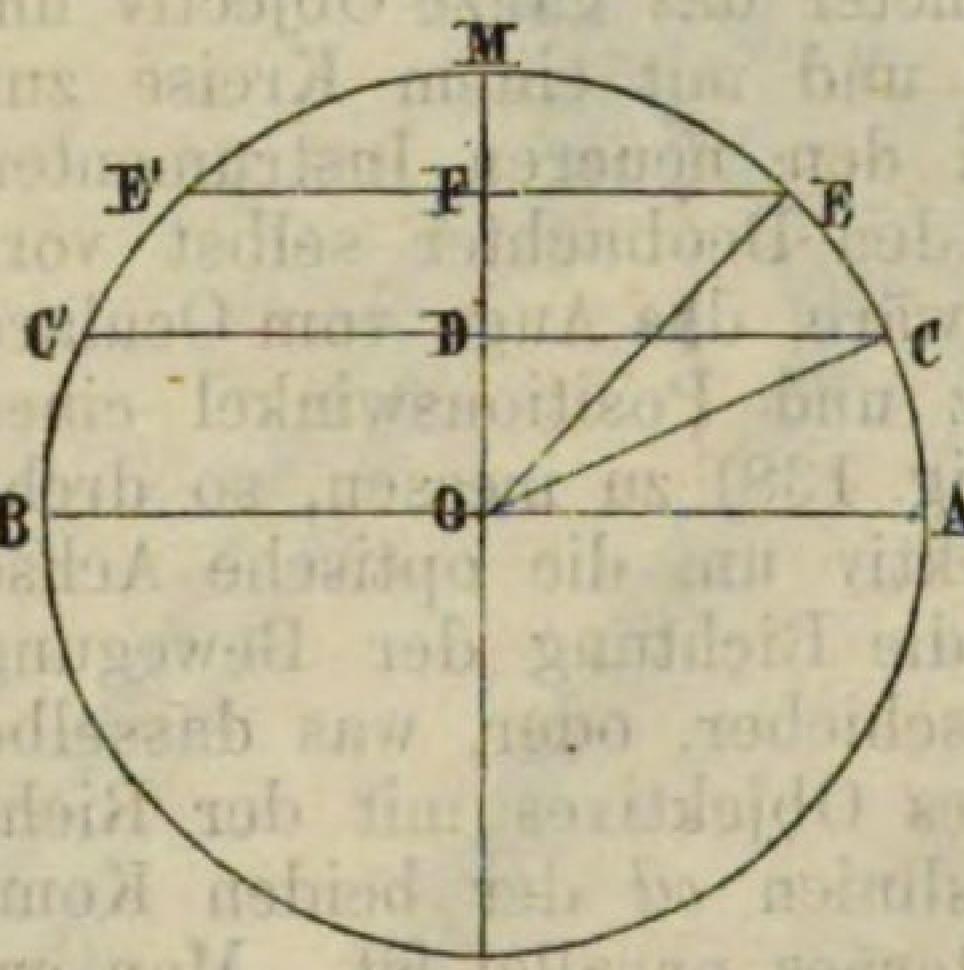


Man sieht, dass Heliometer zu ihrer Anwendung durchaus keiner Beleuchtung im Inneren des Fernrohres bedürfen, ein wesentlicher Vortheil, da auch das geringe Licht, welches z. B. in Positionsmikrometern von den erleuchteten Fäden aus sich im Felde verbreitet, schon hinreicht, sehr feine Objekte unsichtbar zu machen.

Uebrigens werden auch hier wieder Triebwerke nöthig sein (§. 55), um die zu messenden Gestirne im Fernrohre festzuhalten.

§. 52. (Kreismikrometer.) Sehr oft wendet man als Mikrometer bloss einen einfachen Kreis in dem Brennpunkte des Fernrohrs an, und beobachtet den Eintritt in E und C (Fig. 139), so wie den Austritt der Sterne in E' und C' aus der Peripherie dieses Kreises. Nimmt man nämlich die Mitte der Ein- und Austrittszeit eines jeden der beiden Gestirne, so erhält man dadurch diejenigen Augenblicke, wo diese Gestirne in der Mitte ihrer Sehnen EE' und CC' oder wo sie in den Punkten D und F waren, in welchen ein auf diese Sehnen senkrechter Halbmesser OM diese Sehnen halbirt, und dann wird die Differenz dieser beiden Augenblicke offenbar auch die gesuchte Differenz der Rectascension der beiden Gestirne sein.

Fig. 139.



Um nun auch aus denselben Ein- und Austritten der Sterne die Differenz ihrer Deklination zu erhalten, wird man die halben Zwischenzeiten der Beobachtungen durch 15mal den Cosinus der Deklination der beiden Gestirne multipliciren, wodurch man die halben Sehnen CD, EF in Bogen ausgedrückt erhält. Kennt man noch den Halbmesser des Kreises, so sind in den rechtwinkligen Dreiecken CDO und EFO bereits zwei Seiten gegeben, woraus man dann, auf die bekannte Art, auch die dritten Seiten OF und OD finden wird, deren Differenz DF gleich der gesuchten Differenz der Deklination der beiden Gestirne ist.

Den Halbmesser dieses Kreises wird man auf mehr als eine Art leicht bestimmen können: am einfachsten, indem man einen dem Aequator sehr nahen Stern durch den Mittelpunkt des Mikrometers bei festgestelltem Rohre gehen lässt, und die Sternzeit zwischen Ein- und Austritt des Sternes in Bogen verwandelt — am sichersten aber durch zwei Fixsterne, deren Deklinations-Differenz Δ nahe gleich dem Durchmesser dieses Kreises ist, so dass also jeder derselben, der eine oben und der andere unten, eine sehr kleine Sehne im Felde des Kreismikrometers beschreibt. Nennt man dann S die Summe der Quadrate der halben beobachteten Zwischenzeiten in Zeitsekunden ausgedrückt und durch die vorige Grösse Δ dividirt, und ebenso Q das Quadrat von 15mal dem Cosinus der Deklination der Mitte zwischen beiden Sternen, so ist der gesuchte Durchmesser des Kreises sehr nahe $\Delta + SQ$. Hat man aber einmal den Halbmesser bestimmt, so wird man dafür Sorge tragen müssen, dass das Mikrometer immer in derselben Entfernung vom Objektive bleibe, weil mit dieser Entfernung der Werth des Halbmessers sich ändert, zu welchem Zwecke bei den vollkommenen Instrumenten dieser Art die Einstellung des Oculars auf das Auge unabhängig von dem Mikrometer, also ohne dieses zu verrücken vorgenommen werden kann.

Als solches Mikrometer kann man schon die dem Auge nächste innere Blendung (Diaphragma) benützen, die in jedem Fernrohre angebracht ist, wenn man sie zuvor auf einer Drehbank genau kreisförmig ausdrehen lässt. Bequemer zur Beobachtung wird ein feiner metallener Ring sein, der in der Ebene jener Blendung durch Stifte oder eine durchbrochene Glasplatte befestigt wird, und, wenn er etwas kleiner als

die Oeffnung dieser Blendung ist, den Vortheil gewährt, dass man die kommenden Sterne schon vor der Beobachtung sehen und den Eintritt sowohl, als auch den Austritt derselben an den beiden Rändern des Rings beobachten kann. Die vorhergehende Bestimmung des Halbmessers wird zugleich ein gutes Mittel geben, zu prüfen, ob der Ring an seinen beiden Seiten in der That vollkommen kreisförmig, also zu dieser Art von Beobachtungen geeignet ist. Zu diesem Zwecke darf man nur diesen Ring, nach jeder Beobachtung eines Sternpaars, etwas weniges in seiner Ebene drehen und die beiden Sterne an anderen Punkten der Peripherie durchgehen lassen, und zusehen, ob man für den Halbmesser des Rings wieder denselben Werth erhält. Was dieses einfache Mikrometer vor allen andern besonders empfiehlt, ist erstens der Umstand, dass unsere Künstler einen vollkommenen Kreis sehr genau darzustellen vermögen, und dass zweitens die Beobachtungen an einem solchen Kreise auch im dunklen Fernrohre angestellt werden können, während die andern Mikrometer, das Heliometer ausgenommen, eine Beleuchtung des Innern des Fernrohrs erfordern, um die Fäden des Mikrometers sichtbar zu machen, was oft beschwerlich und zuweilen selbst schädlich ist, da man dann sehr kleine oder lichtschwache Gestirne, wie z. B. die meisten Planeten oder sehr matte Kometen, in dem beleuchteten Felde des Fernrohrs, nicht mehr gut sehen kann. Ein weiterer Vortheil des Kreismikrometers besteht in dessen Anwendbarkeit bei jedem einfachen Fernrohre, daher diese Vorrichtung für Liebhaber der Sternkunde, die sich kostbare Instrumente nicht anschaffen können, besonders geeignet ist.

§. 53. (Uhren im Allgemeinen.) Es erübrigt uns noch, einige Nebenvorrichtungen zu besprechen, deren der heutige Astronom zu seinen Beobachtungen bedarf, und welche wie die bereits (§. 18) erklärte Libelle nur in Verbindung mit den eigentlichen Hauptwerkzeugen der praktischen Sternkunde anzuwenden sind.

Unter diesen Hülfsvorrichtungen oben an steht die Uhr, deren wir daher auch schon zu wiederholten Malen (§. 6, 7, 22 u. a. O.) Erwähnung thun mussten. Ohne uns hier in eine nähere Beschreibung dieses auch für das gewöhnliche Leben so wichtigen Werkzeuges einzulassen, die man in anderen Schriften zu suchen hat, wollen wir nur die für den astronomischen Gebrauch der Uhr wichtigeren Momente hervorheben, zum besseren Verständnisse des Folgenden aber einiges Allgemeine vorausschicken, wenn es gleich zum Theil bereits oben Gesagtes enthält.

Jede Aufeinanderfolge von Ereignissen kann zur Messung der Zeit benützt werden, und eine solche Aufeinanderfolge wird dazu um so besser dienen, je regelmässiger sie stattfindet; daher jeder sich bewegende Körper, jede Maschine, daher Wasser- und Sanduhren oder endlich unsere eigentlichen, mechanischen Uhren zu diesem Zwecke taugen; der gleichförmige Gang des Messenden ist dabei unerlässlich, weil man nur unter dieser Bedingung aus dem zurückgelegten Wege des Bewegten sofort und ohne Weitläufigkeiten auf die verflossene Zeit schliessen kann. Um nun die Gleichförmigkeit des Ganges einer solchen Maschine prüfen zu können, hat man sich in der Natur um eine im strengsten Sinne gleichförmige Bewegung umgesehen, und diese in der Achsendrehung der Erde, oder in der täglichen scheinbaren Bewegung der Gestirne (III. §. 115) gefunden. Wie man diese Vergleichung der Uhr mit dem

Himmel vorzunehmen hat, wissen wir aus dem Vorhergehenden, und haben hier nur von der Beschaffenheit und Behandlung der Uhren zu sprechen.

Bei jeder Uhr sind zwei Dinge zu beachten: der Stand und der Gang. Der Stand ist der Fehler der Uhr, also um wie viel zu einer gewissen Zeit die Uhr von dem abweicht, was sie wirklich zeigen soll; der Gang ist die Veränderung des Standes während einer gewissen Zeit, je nach deren Länge er dann täglicher, stündlicher Gang u. s. w. heisst. Der Stand einer Uhr also bezieht sich darauf, ob sie eben zu viel oder zu wenig zeigt; der Gang aber darauf, ob sie zurückbleibt oder voreilt, retardirt oder accelerirt. Wenn die Uhr zu viel zeigt, so sagt man, sie habe eine negative Korrection, weil man eben von dem, was sie weist, den Fehler abziehen muss, um die eigentliche Zeit zu erhalten, und umgekehrt nennt man die Korrection eine positive, wenn die Uhr zu wenig zeigt. Wenn man also z. B. von einer Uhr hört, sie habe um $6^h\ 18^m$ Uhrzeit die Korrection $+\ 5^m\ 56^s$ gehabt, so will diess so viel sagen, als dass die Uhr in dem Augenblicke, wo sie auf $6^h\ 18^m$ wies, um $5^m\ 56^s$ zu wenig zeigte. Daraus folgt unmittelbar folgende Regel:

Wenn die positive Korrection der Uhr wächst, so retardirt die Uhr,
„ „ „ „ „ „ abnimmt, so accelerirt die Uhr,
„ „ negative „ „ „ wächst, „ „ „ „
„ „ „ „ „ „ abnimmt, so retardirt die Uhr.

Man findet übrigens den Gang aus einer einfachen Proportion zwischen zwei Ständen der Uhr und den Zeiten, für welche diese Stände galten. Daher haben die Tagebücher astronomischer Uhren gewöhnlich folgende Gestalt, die sich jeder sorgfältige Besitzer einer genauen Uhr zum Muster nehmen sollte:

Tag.	Uhrzeit.	Korrection.	Täglicher Gang.
Januar 23	6^h 18^m	$+\ 5^m\ 55^s.82$	$1^s.15$ Retard.
» 26	10 15	+ 5 59.50	1.11 »
» 27	10 49	+ 6 0.64	0.73 »
» 28	9 42	+ 6 1.34	0.84 »
» 30	15 17	+ 6 3.21	0.97 »
Februar 2	17 35	+ 6 6.21	

Die ersten zwei Kolumnen geben die Zeit, welche die Uhr zeigte, als ihre Korrektion so gefunden wurde, wie sie in der dritten Kolumne erscheint. Die vierte Kolumne entsteht durch Proportion zwischen den Grössen der ersten beiden und der dritten Kolumne, z. B.

Am 23. Januar um $6^h\ 18^m$ Uhrzeit war die Uhr zurück um $5^m\ 55^s.82$
„ 26. „ „ 10 15 „ „ „ „ „ „ 5 59.50

Also war die positive Korrection der Uhr in 3 Tagen $3^h\ 57^m$ um $3^s.68$ gewachsen, somit in einem Tage um $1^s.15$, oder die Uhr retardirte täglich um $1^s.15$, die Zahl der vierten Kolumne.

Für Leser, welche sich die Mühe dieser kleinen Rechnung nicht geben wollen, bemerken wir noch, dass sich dieselbe bedeutend abkürzt,

wenn man die Korrection der Uhr immer zur selben Tageszeit aufsucht. Diess ist z. B. der Fall, wenn man in Wien sich zu diesem Behufe an das Mittagszeichen der Sternwarte hält. Hätte man so gefunden,

Mai 7. Mittags	$+ 2^m$	35^s	Korrection
„ 8. „	+ 1	15	„
„ 11. „	— 3	15	„
„ 13. „	— 6	5	„

so folgten daraus die täglichen Gänge dieser Uhr

vom 7. zum 8. Mai	1^m	20^s	Acceleration
„ 8. „ 11. „	1	30	„
„ 11. „ 13. „	1	25	„

Nämlich vom 7. zum 8. Mai hat der Stand der Uhr sich um 1^m 20^s geändert, und zwar die positive Korrection abgenommen, daher obiges Resultat: 1^m 20^s Acceleration.

Vom 8. zum 11. Mai hatte sich der Stand der Uhr um 4^m 30^s geändert, nämlich während die Uhr am 8. Mai um 1^m 15^s zurück war, zeigte sich am 11. Mai 3^m 15^s zu viel; die positive Korrection hatte abgenommen und war sogar in negative übergegangen, somit fand innerhalb dreier Tage eine Acceleration von 4^m 30^s also in einem Tage von 1^m 30^s statt, wie oben u. s. w.

Man sieht aus dem Obigen, dass wenn Stand und Gang einer Uhr bekannt sind, man sich die richtige Zeit in jedem beliebigen Augenblicke verschaffen kann. Gesetzt, man hätte diess mit der zuletzt im Beispiele betrachteten Uhr am 9. Mai, als die Uhr 6^h 3^m 15^s zeigte, thun wollen. Da von der nächst vorhergehenden Vergleichungszeit (8. Mai Mittags) bis zum gegebenen Augenblicke beiläufig 1 ¼ Tag verfloss, und die Uhr vom 8. zum 11. täglich um 1^m 30^s accelerirte, so ist die Korrection vom 8. Mai Mittags (+ 1^m 15^s) um 1^m $52\frac{1}{2}^s$ zu vermindern, um die Korrection der Uhr für den gegebenen Augenblick zu erhalten. Man bekommt so für diese Korrection — $37\frac{1}{2}^s$, d. h. die Uhr zeigt am 9. Mai um 6^h Abends $37\frac{1}{2}^s$ zu viel, oder, als sie 6^h 3^m 15^s wies, war es eigentlich 6^h 2^m $37\frac{1}{2}^s$.

Dieses Verfahren unterliegt der einzigen Bedingung, dass der Gang der Uhr nahezu derselbe bleibe, da nur so obige einfache Ableitung der richtigen Zeit möglich ist. Eine Uhr gilt daher dem Astronomen nur dann, aber auch dann für vollkommen gut, wenn sie denselben Gang behält, mag der Stand welcher er will, und mag der Gang noch so gross sein. Es wird z. B. die Uhr, von welcher oben das erste Formular mitgetheilt wurde, für eine ausgezeichnete gelten müssen, weil der Gang nicht nur immer Retardation, sondern auch innerhalb von Bruchtheilen einer Sekunde stets derselbe blieb, so wie die zweite Uhr, deren Gang hier beispielweise angeführt wurde, für eine Taschenuhr sehr gut wäre.

Zum begründeten Urtheile über eine Uhr gehören demnach wenigstens drei Stände. Es zeugt also nur von Unkenntniss der Sache, wenn man von dem ersten, dem besten Stande einer Uhr auf die Güte derselben schliessen, und bloss, weil vielleicht die Korrection oder ein eintägiger Gang zufällig einige Minuten überschreitet, die Uhr für schlecht erklären will. An der Grösse des Ganges und der Korrection sollte Niemand viel gelegen sein, und nur allenfalls der Bequemlichkeit wegen darauf gesehen werden, dass Gang und Korrection innerhalb gewisser

Grenzen bleiben. Man verbessert aber den Stand jeder Uhr durch Richtung der Zeiger; was den Gang betrifft, so wird derselbe bei Pendeluhren am Pendel, bei Federuhren an der Unruhe regulirt.

§. 54. (Verschiedene Arten von Uhren.) An jeder mechanischen Uhr hat man bekanntlich als Hauptbestandtheile die eigentlich bewegende Kraft, den Regulator und die Hemmung zu unterscheiden. Das Bewegende ist entweder ein Gewicht, das durch Abwicklung der Schnur, an der es hängt, von der Welle eines gezähnten Rades das übrige Werk in Bewegung setzt, oder eine Spiralfeder, die in einem cylindrischen, von aussen wieder gezähnten Gehäuse, der sogenannten Trommel, so aufgewunden wird, dass ihr inneres Ende an der Achse der Trommel, ihr äusseres Ende aber an der inneren Seite der Trommel befestigt ist. Beim Ablaufen des Werkes kann sich jene Radwelle bei der Gewicht-, so wie diese Achse der Trommel bei der Federuhr nur mit dem damit verbundenen gezähnten Rade drehen, und setzt eben dadurch das ganze Werk in Bewegung. In der dem Ablaufen entgegengesetzten Richtung hingegen ist die Welle des Gewichtrades, so wie die Achse der Trommel für sich drehbar, wodurch man die Schnur des Gewichtes von neuem aufwickeln, so wie die Feder wieder in Spannung versetzen, d. h. die Uhr aufziehen kann.

Das Ablaufen würde aber an sich mit beschleunigter Geschwindigkeit erfolgen, da die bewegenden Kräfte in beiden Fällen offenbar von Augenblick zu Augenblick sich summiren. Die für Zeitmesser nöthige Gleichförmigkeit der Bewegung herzustellen, ist die Bestimmung des Regulators. Dieser ist entweder ein Pendel oder eine feine Spiralfeder, und erfüllt seinen Zweck, indem man dem Uhrwerke auflegt, jenes, das Pendel, beständig in Bewegung zu erhalten, oder diese, die Spirale, beständig zu spannen und wieder frei zu lassen. Um die Schwingungen der Spirale gegen äussere Störungen zu sichern, ist an derselben ein Schwungbalken, die sogenannte Unruhe befestigt. Je kürzer das Pendel oder die Spirale, oder endlich der Schwungbalken der letzteren, desto schneller geht die Uhr und umgekehrt. Zum Behufe solcher Verlängerung oder Verkürzung endigen bekanntlich bei gewöhnlichen Uhren die Pendel oben in einen biegsamen Faden, durch dessen Auf- und Abwicklung um einen Stift man jede nöthige Aenderung der Länge hervorbringen kann; die Spiralen aber schwingen zwischen zwei Stiftchen, durch deren Verschiebung man einen grösseren oder kleineren Theil der Spirale für die Schwingung frei lässt. Bei genaueren Uhren ist das linsenförmige Gewicht am unteren Ende des Pendels verrückbar, so dass, da man unter Länge des Pendels hier die Entfernung seines Schwerpunktes vom Aufhängepunkte zu verstehen hat, der gewünschte Erfolg durch Verstellung der Linse erreicht wird; Spiralen solcher genauer Uhren tragen an den Enden des Schwungbalkens ihrer Unruhe Schräubchen mit schweren Köpfen, durch deren Lüften oder tieferes Einschrauben in den Schwungbalken jene Wirkung erzielt wird.

Um die Einflüsse der Temperarur, durch welche die Regulatoren bald ausgedehnt, bald zusammengezogen den Gang der Uhr stets ändern, aufzuheben, sind Pendel oder Unruhe bei genaueren Zeitmessern kompensirt, d. h. so eingerichtet, dass für jede Einwirkung durch grössere oder geringere Wärme auf den Gang eine gleich grosse Gegenwirkung entsteht. Beim Pendel, wo diese Störung z. B. bei stählernen Stangen

für 16° R. Aenderung der Temperatur 12ˢ im täglichen Gange beträgt, erreicht man am zweckmässigsten solche Ausgleichung dadurch, dass man an die Stelle des linsenförmigen Gewichtes ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss anbringt; bei solcher Einrichtung wird nämlich mit den Aenderungen im Volum des Quecksilbers durch Temperatur der Schwerpunkt des Pendels gehoben oder gesenkt, wenn umgekehrt durch dieselbe Einwirkung auf die Pendelstange das Gefäss gesenkt oder gehoben wird, und wenige Versuche reichen hin, zu zeigen, bei welcher Menge von Quecksilber diese beiden Wirkungen einander aufheben, somit der Zweck: den Schwerpunkt stets in gleicher Entfernung vom Aufhängepunkt zu erhalten, erreicht ist. — Bei Uhren mit Unruhen, wo eine Aenderung der Temperatur von 16° R. den täglichen Gang um 6ᵐ alterirt, besteht die Compensations-Einrichtung darin, dass man an die beiden Enden des Schwungbalkens in der Schwingungsebene der Spirale Bogen befestigt, die aus zwei an einander gelötheten Streifen von Stahl und Messing bestehen. Von diesen beiden Metallen ändert sich dieses durch Temperatur viel stärker als jenes. Da vermöge der Löthung aber die Streifen sich nur mit einander verändern können, so wird eine Aenderung der Temperatur sich hier durch eine Aenderung der Krümmung der Bogen aussprechen, und zwar werden die beiden Bogen, da der äussere Streifen von Messing, der innere von Stahl ist, bei zunehmender Wärme mehr gekrümmt, bei abnehmender Temperatur hingegen flacher werden. Es wird also im ersten Falle gleichsam die Masse des Schwungbalkens, als dessen Theil man die Bogen ansehen muss, dem Mittelpnnkt genähert, d. h. der Schwungbalken verkürzt, und umgekehrt im zweiten Falle. Da aber im ersten Fall, dem der zunehmenden Temperatur, zugleich die Spirale verlängert, so wie im zweiten Falle verkürzt wird, so treten, wie man sieht, bei jeder Temperatur-Aenderung wieder zwei einander entgegengesetzte Einwirkungen auf den Gang der Uhr ein, die sich leicht zu gegenseitiger, völliger Ausgleichung bringen lassen. Zu diesem Zwecke tragen die Bogen an verschiedenen Punkten Gewinde, in die man Schräubchen mit schweren Köpfen in verschiedener Entfernung vom Schwungbalken anbringen, und so die compensirende Wirkung der Bogen nach Belieben vermehren oder vermindern kann.

Die Verbindung zwischen dem Regulator und der bewegenden Kraft stellt der dritte charakteristische Theil des Werkes her, den man sehr bezeichnend die Hemmung nennt, da derselbe mit jeder Schwingung des Regulators in die Räder der Uhr einen Augenblick einzugreifen, und so für das gleichmässige Ablaufen des Werkes zu sorgen hat. Zugleich wird durch die dadurch auf den Regulator verursachte Rückwirkung dieser beständig in Bewegung erhalten. Die nähere Beschreibung der verschiedenen Hemmungen, die man je nach dem Zwecke der Uhr ausgesonnen hat, wie die Graham'sche und die freie Hemmung bei Pendeluhren, die Spindel-, Cylinder-, Anker-, Duplex-, getrennte Hemmung bei Federuhren, würde uns hier zu weit führen, und ist, wie überhaupt Ausführlicheres über hier eben nur berührte Punkte, an anderen Orten, z. B. in E. J. Dent's Aufsatz: »Ueber die Einrichtung und Behandlung von Chronometern, Pendel- und Federuhren (Wien, bei Gerold, 1844.)« nachzulesen, zu welchem Zwecke wir auch die Brochüre: »Miscellen über Uhren (Wien, bei Gerold, 1846.)« empfehlen.

Gewicht und Pendel können ihrer Natur nach nur bei Uhren in Anwendung kommen, die einen festen Standort haben; transportable Uhren müssen durch Federn in Bewegung gesetzt und regulirt werden. Die Wirkungen der Schwere aber, auf denen der Gebrauch von Gewicht und Pendel beruht, sind weit geringeren Störungen unterworfen, als die Wirkungen der Elasticität, welche bei der Federuhr in Betracht kommen. Daher darf man von einer transportablen Uhr, die, wenn in ihrer grössten Vollkommenheit ausgeführt, vorzugsweise Chronometer genannt wird, nie dieselbe Genauigkeit wie von einer gleich sorgfältig gearbeiteten Pendeluhr fordern, welche denn auch auf ständigen Sternwarten bei weitem die gebräuchlichere ist, und seit ihrer ersten Anwendung durch Flamsteed zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts der Astronomie unabsehbare Dienste leistete. Die Wichtigkeit des Chronometers aber für astronomische Bestimmungen auf Reisen, besonders zur See, hat einen solchen Wetteifer in der Anfertigung dieser Instrumente hervorgerufen, dass Chronometer von einer Genauigkeit, die der der astronomischen Pendeluhr sehr nahe kommt, heut zu Tage nichts weniger als zu den Seltenheiten gehören. Als Beispiel der Vollkommenheit dieser Kunstwerke, in welchen die moderne Mechanik ihren glänzendsten Triumphe feiert, mag hier der Gang angeführt werden, den ein Chronometer von dem oben angeführten Dent ohne allen besonderen Schutz gegen den Wechsel der Temperatur während eines Jahres auf der Sternwarte zu Greenwich zeigte. Unter »mittlerer« Gang ist der Durchschnitt eines Monats zu verstehen.

Chronometer Dent Nro. 114.

		Mittlerer tägl. Gang.	Grösste Aenderung des Ganges.
1828	August	+ $3^s.43$	$0^s.7$
	September	+ 3.85	1.7
	October	+ 3.73	0.8
	November	+ 3.87	0.9
	December	+ 3.93	1.2
1829	Januar	+ 3.59	1.4
	Februar	+ 3.59	1.1
	März	+ 3.74	1.6
	April	+ 3.60	1.1
	Mai	+ 3.58	1.2
	Juni	+ 3.77	0.8
	Juli	+ 3.97	1.6

Die Aenderungen im mittleren täglichen Gange dieser Uhr hielten sich also durch alle Jahreszeiten innerhalb einer Sekunde, indem die Uhr in einem Tage nie weniger als $3^s,43$, nie mehr als $3^s.97$ durchschnittlich retardirte.

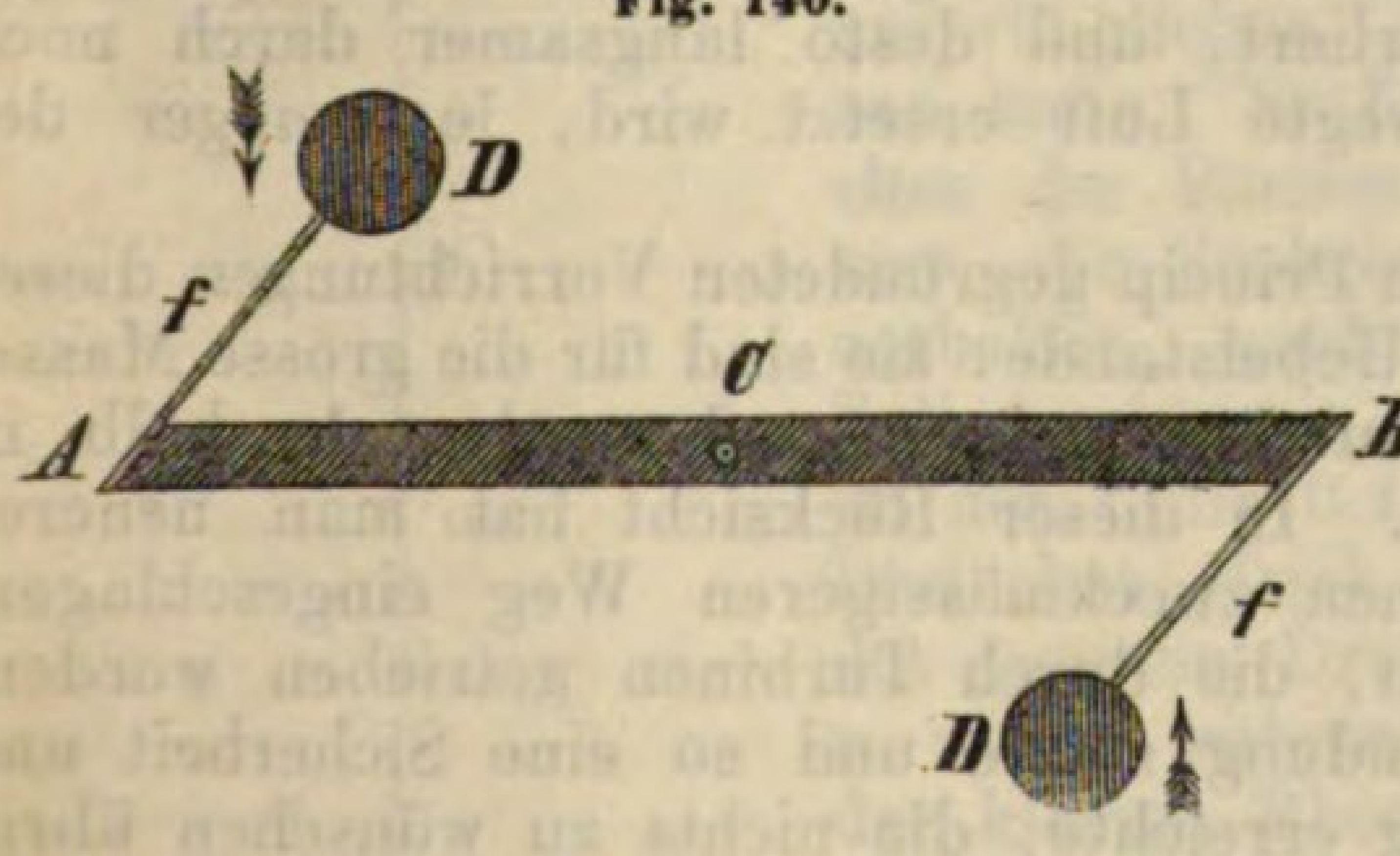
§. 55. (Triebwerke bei Aequatorialen.) Nachdem wir uns im Vorhergehenden die wesentlichsten Einrichtungen einer Uhr in's Gedächtniss gerufen, werden wir nun auch ohne Schwierigkeit die Wirkung der oben (§. 43) erwähnten Triebwerke bei Aequatorialen kennen lernen.

Die Bestimmung dieser Triebwerke ist, wie wir a. a. O. sahen, das Fernrohr im Sinne der Parallelkreise zum Aequator und übereinstimmend mit der scheinbaren täglichen Bewegung der Gestirne fortzurücken. Es wird für diesen Zweck am natürlichsten sein, die Mikrometerschraube *a* (Fig. 131), durch welche der Aequatorialkreis *AA'* bewegt wird, durch

irgend eine Vorrichtung beständig zu drehen. Diess wird durch die mit den gezähnten Rädern *g* und *h* unter einander verbundenen Gewichte *T* und *U* bewirkt, deren eines *U* schwerer als das andere ist, durch das Abwickeln seiner Schnur von der Welle des Rades *g* dieses, und so, da dieses Rad *g* in den ebenfalls gezähnten Kopf der Schraube *a* eingreift, auch diese Schraube bewegt. Man sieht, dass eigentlich nur die Differenz der beiden Gewichte *T* und *U* als treibende Kraft wirkt; es sind aber statt eines zwei Gewichte mit der nach Art eines sogenannten Flaschenzuges eingerichteten Verbindung durch die Räder *g* und *h* angebracht, um das durch Anziehen der linken Schnur am Gewichte *T* zu bewerkstelligende Aufziehen des Werkes minder oft nöthig zu machen, und durch die stärkeren Gewichte Reibung, Steifheit der Schnüre u. a. zu überwinden. Die Gewichte allein würden die Schraube *a* mit beschleunigter, und nicht wie es gefordert wird, mit gleichförmiger Geschwindigkeit drehen. Um diese Gleichförmigkeit herzustellen, ist an der Rückseite des Rades *g* ein zweites gezähntes Rad befestigt, das in eine horizontal liegende Schraube ohne Ende eingreift. Diese Schraube steht mit der Uhr *W* in Verbindung, und zwingt so das Triebwerk *ghTU* gerade mit derjenigen Geschwindigkeit abzulaufen, welche die Uhr eben zulässt. Für das Triebwerk ist also die eben erwähnte Schraube ohne Ende die Hemmung, die Uhr aber der Regulator.

Die Uhr nun, deren bewegende Kraft das Gewicht *V* ist, unterscheidet sich von anderen Uhren wesentlich nur durch ihren Regulator. Die gewöhnlichen Regulatoren finden nämlich hier keine Anwendung, da sie sämmtlich ruckweise wirken, und so dem Fernrohre beständig Stösse geben würden, die dem deutlichen Sehen schadeten. Man musste also auf einen Regulator bedacht sein, der stetig wirkt. Liebherr in München hat zu diesem Behufe das Centrifugalpendel eingeführt.

Fig. 140.



An der Achse *C* (Fig. 140) eines der Uhrräder ist der horizontale Schwungbalken *AB* befestigt, und trägt auf seinen Enden an geraden Stahlfedern *f* die linsenförmigen Gewichtchen *D*. Das Ganze ist in einer konischen Büchse eingeschlossen, deren Wände in geringer Entfernung von den Gewichtchen *D* stehen. Wird nun die Uhr in Bewegung gesetzt, so dreht sich der Schwungbalken *AB* in der Richtung der Pfeile anfangs mit beschleunigter Geschwindigkeit, bis die dadurch erzeugte Fliehkraft, der die Gewichtchen *D* an ihren Federn *f* nachgeben können, diese Gewichtchen so weit vom Mittelpunkte *C* entfernt hat, dass sie die Wand des Gefässes berühren und sich an ihr zu reiben beginnen. Diese Reibung nimmt so lange zu, bis das dadurch hervorgerufene Hinderniss mit der Beschleunigung der durch das Gewicht *V* bewirkten Bewegung in's Gleichgewicht kommt, und eben dadurch diese Bewegung in eine gleichförmige überzugehen zwingt. Geht die Uhr dann etwa noch zu schnell, so wird man den Schwungbalken tiefer in die konische Büchse

stellen und so die Reibung vermehren; umgekehrt, wenn die Uhr zu langsam geht.

So sinnreich diese Vorrichtung ist und so ausgezeichnete Dienste sie auch schon geleistet hat, so hat es doch immer etwas Missliches, die so vielen Einflüssen unterliegende Reibung zum Regulator einer so feinen Maschine zu machen, und der Fall ist eben nicht selten, dass solche Uhren, selbst wenn sie aus der Hand ausgezeichneter Künstler kommen, vieles zu wünschen übrig lassen. Der Regulator, den Plössl in Wien bei diesen Triebuhren zuerst eingeführt, hat daher vor jener älteren Einrichtung entschiedene Vorzüge. Statt des Sckwungbalkens ist nämlich an der Achse eines der Uhrräder ein sogenannter Windfang angebracht, d. h. ein Flügelrad, das durch den Widerstand der Luft der Beschleunigung der Bewegung ein Ziel setzt, wie man diess an dem Schlagwerke jeder Zimmeruhr täglich sehen kann. Dieses Flügelrad befindet sich in der Büchse *l* Fig. 131, deren Deckel sich öffnen und schliessen lässt. Ein Gradbogen, der sich mit dem Deckel bewegt und in der Zeichnung sichtbar ist, gibt ein Mass für dieses Oeffnen und Schliessen des Deckels. Es ist nun eine merkwürdige, und so viel uns bekannt, von Herrn Plössl zuerst in solcher Weise benützte Erscheinung, dass der Windfang weit schneller geht, wenn die Büchse geschlossen, als wenn sie offen ist, und dass derselbe desto langsamer sich bewegt, je höher man den Deckel hebt. Hier ist also ein Regulator gegeben, dessen Ausführung durchaus keiner Schwierigkeit unterliegt, und der die wichtige Eigenschaft besitzt, den Gang der Uhr ohne alle Störung des Werkes durch Verstellung des Büchsendeckels, also eines ganz ausser der eigentlichen Uhr liegenden Bestandtheiles beliebig zu acceleriren oder zu retardiren. Die Ursache jener Wirkung des Schliessens oder Oeffnens des Deckels aber liegt offenbar darin, dass die in der Büchse befindliche Luft durch das Flügelrad mit in Bewegung gesetzt, an Widerstandskraft verliert, und desto langsamer durch noch nicht in dieser Richtung bewegte Luft ersetzt wird, je weniger der Deckel geöffnet ist.

Alle auf das Liebherr'sche Princip gegründeten Vorrichtungen dieser Art leiden übrigens an einem Uebelstande: sie sind für die grosse Masse, welche sie bewegen sollen, zu zart gebaut und werden desshalb in ihrer Wirkung häufig gestört. In dieser Rücksicht hat man neuerer Zeit in England vielleicht einen zweckmässigeren Weg eingeschlagen, indem man kräftige Maschinen, die durch Turbinen getrieben werden, mit dem Instrumente in Verbindung setzte und so eine Sicherheit und Gleichförmigkeit der Bewegung erreichte, die nichts zu wünschen übrig lässt.

Uebrigens werden solche Triebwerke bei Aequatorialen immer dann in Anwendung kommen, wenn die Art der Beobachtung erfordert, dass der Stern eine Weile unverändert an derselben Stelle des Sehfeldes erscheine, also bei Messungen mit Positionsmikrometern, Heliometern u. a. (siehe §. 50, 51).

§. 56. (Transversalen, Vernier, Mikroskop.) Wenn die Alhidade, d. h. der mit dem Fernrohre eines Instrumentes verbundene und längs des Limbus oder der eigentlichen Theilung hingleitende Theil bloss eine einzige gerade Linie als Index oder Zeiger enthielte, so würde man mit einem solchen Instrumente keine kleineren Winkel messen können, als unmit-

telbar durch die Theilstriche des Limbus gegeben sind. Wenn man z. B. auf einem Kreise noch die einzelnen Sekunden lesen wollte, so müsste man auf seiner Peripherie in gleichen Intervallen nicht weniger als 1296000 Striche anbringen. Dadurch würden aber, der schwierigen Ausführung einer so gedrängten Theilung gar nicht zu gedenken, selbst bei einem Kreise von beträchtlichem Halbmesser die Striche so nahe an einander fallen, dass man sie nur mit grosser Mühe unterscheiden könnte. Man war desshalb von jeher auf Mittel bedacht, um auch mit verhältnissmässig groben Theilungen feine Messungen anstellen zu können.

Die Astronomen des Alterthums übertrugen zu diesem Behufe die bei geradlinigen Massstäben sehr bequemen sogenannten Transversalen auf Kreistheilungen. Will man nämlich kleinere Theile einer Geraden von bestimmter Länge, z. B. eines Pariser Zolls, wahrnehmbar machen, was sich durch unmittelbare Theilung der Geraden gut erreichen lässt, so errichtet man bekanntlich auf den Endpunkten der Geraden 0 und 10 (Fig. 141) Senkrechte 0,*X* und 10,*X'* von beliebiger Länge, theilt diese Senkrechten in gleiche Theile 0,*I*; *I*,*II*..., zieht durch die letzten Theilpunkte Parallelen *I*,*I'*;*II*,*II'*... zur ursprünglichen Linie 0,10, theilt ferner die letzte Parallele *XX'* in eben so viele gleiche Theile wie 0,10, und verbindet nach der Reihe die Theilungspunkte 0,1,2... der 0,10 mit den Theilpunkten 0',1',2', ... der *XX'*. Die Anzahl Theilungspunkte der Senkrechten multiplicirt mit der Anzahl Theilungen der ursprünglichen Geraden gibt dann den Nenner des Theiles der ursprünglichen Linie, den man nun noch erkennen kann. So lässt unsere Zeichnung, in welcher der Pariser Zoll in zehn Theile getheilt war, die Senkrechten aber wieder zehn Theile enthalten, noch den hundertsten Theil eines Zolles erkennen, und es ist in den Dreiecken an der Linie 0.*I*,*II* ... die Basis *I* des ersten Dreieckes gleich einem Hundertel, die Basis *II* des zweiten Dreieckes gleich zwei Hunderteln u. s. w., während jede der horizontalen Seiten der kleinen Rhomboide im Inneren des Netzes ein Zehntel Zoll vorstellt. Hätte man also z. E. mit dem Zirkel eine Linie abgestochen, die auf diesen Massstab übertragen vom Durchschnitte der 1,1' mit der *II*,*II'* bis *II* reichte, so hätte die zu messende Linie $^1/_{10} + {}^2/_{100}$ oder $^{12}/_{100}$ Zoll.

Fig. 141.

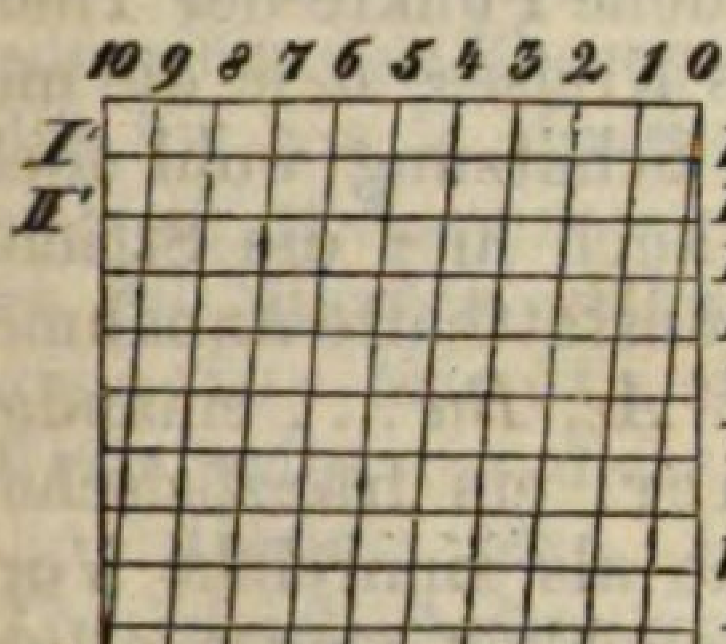
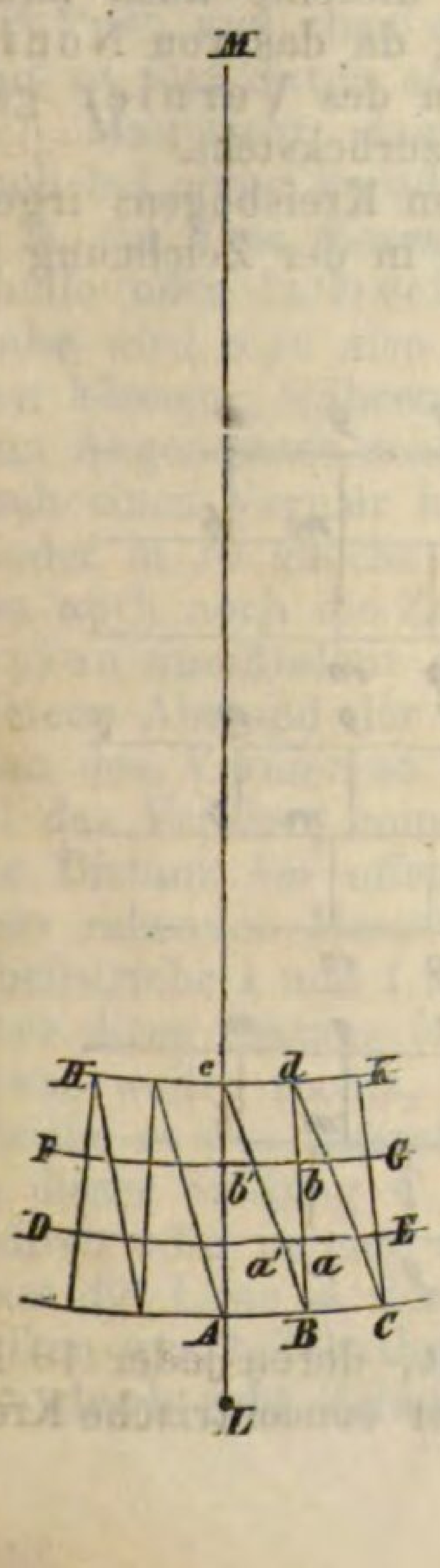


Fig. 142.

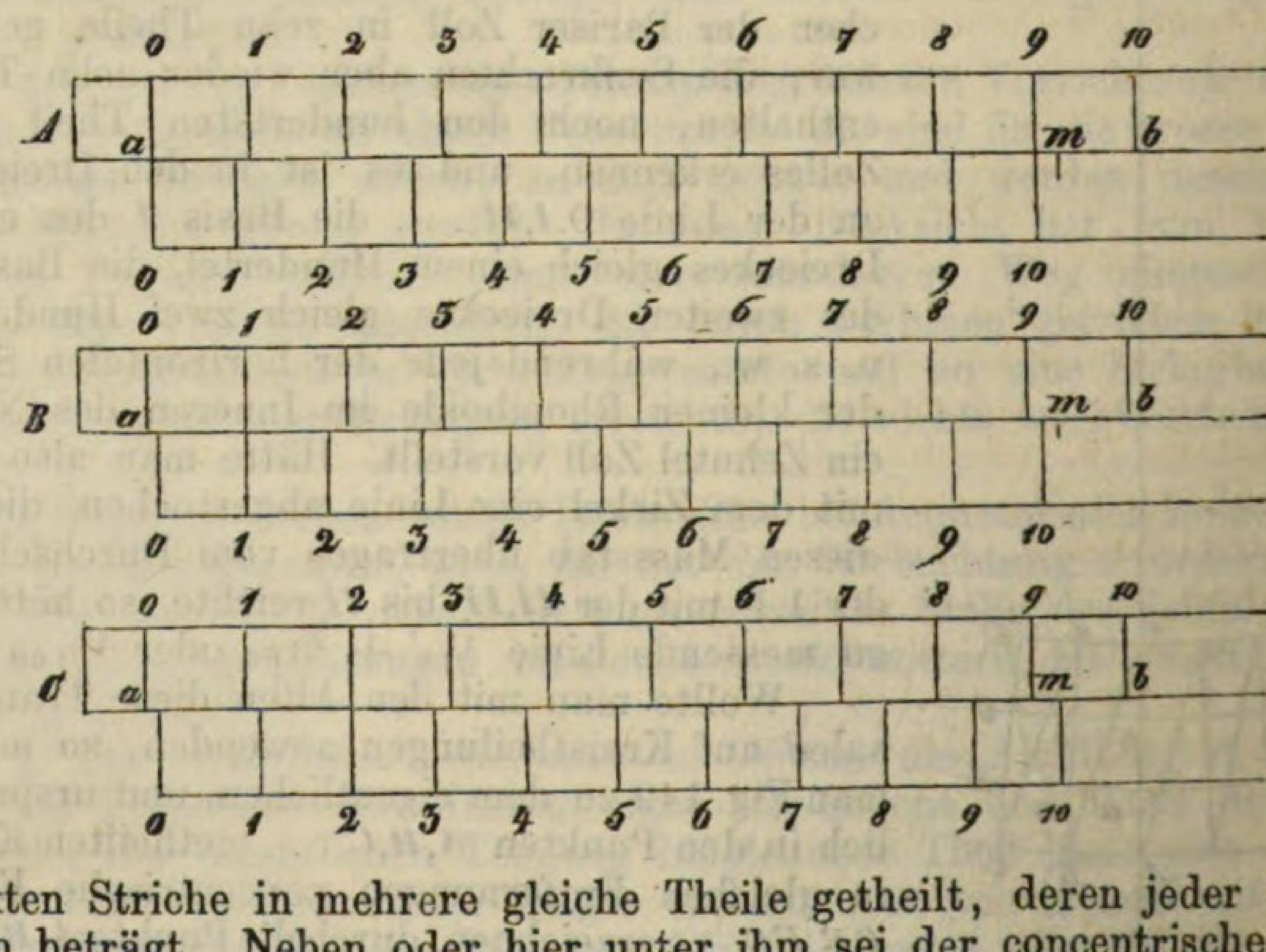


Wollte man mit den Alten diese Transversalen auf Kreistheilungen anwenden, so müsste man Fig. 142 zu dem eigentlichen, und ursprünglich in den Punkten *A*,*B*,*C* ... getheilten Kreise in gleichen Entfernungen concentrische Kreise *DE*,*FG*... verzeichnen, durch die Punkte *A*,*B*,*C*...

zu dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte *M* Halbmesser *Ac*,*Bd* . . . führen, und in den so entstehenden Vierecken *ABcd*,*BCKd* die Diagonalen ziehen. Insofern man berechtigt ist, die Bogen *AB*,*BC* . . ., *cd*,*dK* . . . als gerade Linien und die Radien *Ac*,*Bd* . . . als einander parallel anzusehen, was freilich nur bei gewissen Verhältnissen der Figur annähernd wahr, wird wieder wie oben jede der Diagonalen an den concentrischen Kreisen *DE*,*FG* . . . die so vielten Theile der Intervalle *AB*,*BC* . . . erkennen lassen, als concentrische Kreise zu *ABC* gezogen wurden. Es wird also z. B. in unserer Zeichnung, wenn *AB* eine Minute war, die Linie zwischen *a* und *a'* ein Drittel Minute oder zwanzig Sekunden, ebenso *bb*, vierzig Sekunden gelten. Denkt man sich unter *ML* ein aus dem Mittelpunkte *M* des Kreises herabhängendes Loth, so wird, wenn bei der Drehung des Kreises dieses Loth auf verschiedene Punkte der Theilung einspielt, man so im Stande sein, die Lage des Kreises, d. h. die mit demselben zu messenden Winkel auf 20″, ja durch Schätzung wohl noch genauer anzugeben. — Immer aber häufen sich auch hier die Striche noch zu sehr, und vor Allem ist die eben berührte unstatthafte Annahme, dass die Bogen *AB*, *cd* . . . gerade, und die Linien *Ac*, *Bd* . . . einander parallel seien, ein Uebelstand, dem Peter Vernier, ein französischer Geometer, i. J. 1631 durch eine eben so einfache als sinnreiche Vorrichtung abzuhelfen suchte, die jetzt ihrer Vorzüglichkeit wegen allgemein angenommen ist. Man hat sonst wohl auch den Portugiesen Nuñez (latinisirt Nonius), der mehrere Jahrhunderte vor Vernier lebte, für den Erfinder dieser Einrichtung gehalten, daher dieselbe auch häufig den Namen des letztern erhält, aber mit Unrecht, da das von Nonius zu diesem Zwecke vorgeschlagene Mittel von dem des Vernier ganz verschieden ist und auch an Anwendbarkeit weit zurücksteht.

Sei *ab* (Fig. 143) ein Theil des eingetheilten Kreisbogens irgend eines Instruments. Derselbe sei z. B. durch die in der Zeichnung be-

Fig. 143.



merkten Striche in mehrere gleiche Theile getheilt, deren jeder 10 Minuten beträgt. Neben oder hier unter ihm sei der concentrische Kreis-

bogen des Verniers angebracht, so dass, wenn die den Vernier tragende Alhidade um ihren Mittelpunkt bewegt wird, der Bogen des Verniers an dem festen Bogen des Kreises sich auf und ab bewegt. Allein dieser Bogen des Verniers sei nur so gross, als 9 Intervalle des oberen Kreisbogens sind, er betrage also 9mal 10 oder nur 90 Minuten, und sei demungeachtet doch wieder, wie jener, in 10 gleiche Theile getheilt. Daraus folgt also, dass 10 Intervalle des Verniers gleich 9 Intervallen des Kreises, dass also auch jedes einzelne Intervall des Verniers nur neun Zehntheile eines Intervalls des Kreises, d. h. dass jedes Intervall des Verniers, auf dem Kreise genommen, genau gleich neun Minuten ist. Legt man daher den Vernier an den Kreis so an, dass die beiden ersten Theilstriche 0,0 mit einander übereinstimmen oder nur eine einzige gerade Linie bilden, so werden auch die beiden letzten Theilstriche 9,10 mit einander übereinstimmen, die zweiten 1,1 aber werden um 1 Minute, die 2,2 um 2 Minuten, die 3,3 um 3 Minuten u. s. w. von einander abstehen, und man wird daher auf diesem Kreise, obschon er nur von 10 zu 10 Minuten getheilt ist, doch noch, mit Hülfe dieses Verniers, die einzelne Minute sicher und eben so gut ablesen können, als ob der Kreis selbst in diese einzelnen Minuten getheilt wäre.

Gesetzt also, Kreis und Vernier stehen, wie in *A*, so, dass der Theilstrich 0 des Kreises zu dem Punkte 10° 0′ 0″ der Peripherie desselben gehöre, so wird man bei der Ablesung dieses Kreises sagen, dass der an dem Instrumente beobachtete Winkel 10° 0′ 0″ betrage. Steht aber der Vernier so, wie in *B*, so wird der beobachtete Winkel gleich 10° 1′ 0″, und eben so wird er bei dem Stande *C* gleich 10° 2′ 0″ sein, und so fort durch alle Theilstriche des Vernier.

Man sieht, dass sich dieselbe Vorrichtung ohne alle Abänderung auch bei einem geradlinigen Massstabe anbringen lässt. Sei *ab* ein Theil, z. B. ein Fuss dieses Massstabes, der bei 1, 2, 3 . . . in zehn gleiche Theile oder in Decimalzolle getheilt ist. Mit einem solchen Massstabe wird man also unmittelbar nur ganze Zolle in der That messen können, während man die halben, viertel Zolle u. f. bloss nach dem Augenmasse schätzen muss. Wenn man aber zu diesem Massstabe noch einen Vernier hat, der genau 9 solcher Zolle lang und ebenfalls wieder in 10 gleiche Theile getheilt ist, so wird man mittelst jenes Stabes auch noch die Zehntheile der Zolle oder die sogenannten Decimallinien unmittelbar abmessen können. Denn gesetzt, man wollte den kleinen Abstand der Linie *m* von *b* in Theilen eines Zolles haben. Legt man den Vernier so wie in *A*, dass die Theilstriche 9 des Stabes und 10 des Verniers coincidiren, so lässt sich, in dieser Lage des Vernier, die Distanz *bm* offenbar nicht angeben. Rückt man den Vernier an dem ruhenden Massstab weiter rechts, so dass, wie in *B*, die beiden Theilstriche 1 und 1 übereinstimmen, so lässt sich auch hier noch nichts über diese Distanz *bm* entscheiden. Rückt man aber den Vernier noch etwas weiter rechts, bis der letzte Theilstrich 10 des Verniers mit dem Striche *m* des Massstabes genau übereinstimmt, und findet man, dass in dieser Stellung *C* des Verniers die Theilstriche 2 und 2 genau coincidiren oder in eine einzige gerade Linie fallen, so ist diess ein Zeichen, dass die Linie *m* des Massstabes von dem vorletzten Theilstriche 9 desselben um 2 Zehntheile absteht, und dass daher die gesuchte Distanz *bm* gleich acht Zehntel Zolle oder gleich acht Decimallinien ist.

Ist zwischen den einzelnen Theilstrichen des Verniers, wie in der Zeichnung der Fig. 143, noch Raum genug, um auch jedes Intervall 1-0, 1-2, 2-3 desselben ebenfalls wieder in zehn gleiche Theile unterzutheilen, so wird man, mit einem solchen Vernier, auf jenem Massstabe nicht bloss wie zuvor die zehnten, sondern auch die hundertsten Theile eines Zolles oder die sogenannten Decimalpunkte unmittelbar messen können. Rücken aber dadurch die Theilstriche schon so nahe an einander, dass man sie mit freien Augen nicht mehr gut unterscheiden kann, so wird man eine Loupe zu Hülfe nehmen und an dem Vernier befestigen, um sie nach der ganzen Länge des Verniers zu verschieben und dadurch jeden einzelnen Theil des Verniers in den Mittelpunkt des Loupenfeldes zu bringen.

Auf diese Weise hat man es dahin gebracht, unsere Kreise von drei Fuss im Durchmesser, und selbst kleinere noch, bis zur unmittelbaren Lesung von zwei Sekunden mit einer Genauigkeit zu theilen, von welcher unsere Vorgänger noch keine Ahnung hatten, und der wir einen grossen Theil der Fortschritte der neueren Beobachtungskunst verdanken.

Endlich wird man denselben Zweck wie mit dem Vernier auch mit einem Mikroskope erreichen, das eine ähnliche Einrichtung, wie der oben (§. 49) beschriebene Schrauben-Mikrometer hat. Wie man nämlich dort durch den beweglichen Faden des Okulares die Distanz zweier Sterne oder eigentlich der durch das Objektiv erzeugten Bilder mass, ganz ebenso wird man mit einer solchen Vorrichtung den Raum messen können, der zwischen einem Theilstriche 9 des Limbus und dem Orte *m* des Index liegt; dieser Raum zu der Zeit des Theilstriches 9 hinzugegeben, wird den Ort des Index genau bezeichnen. Man sieht, dass der Index nur ein einfacher Strich zu sein braucht, und alle fernere Theilung ausser der ursprünglichen des Limbus wegfällt. So sehr diess das Mikroskop empfiehlt, so ist doch andererseits die ungemeine Sorgfalt, welche dessen Behandlung erfordert, vor allem, um es immer genau in derselben Entfernung vom Limbus zu erhalten, weil mit dieser Entfernung sich der Werth einer Schrauben-Umdrehung ändert, ein Hinderniss für dessen weitere Verbreitung.

§. 57. (Wesen der nautischen Astronomie.) Wenn man die bisher dargestellten vorzüglichsten Instrumente der neueren Astronomie näher betrachtet, so sieht man leicht, wie sich damit die Beobachtungen, deren die Wissenschaft in ihrem gegenwärtigen Zustande bedarf, anstellen lassen. Diese Beobachtungen beziehen sich hauptsächlich auf die Durchgänge der Gestirne durch den Meridian (zur Bestimmung der Zeit, oder, wenn diese bereits bekannt ist, der Rectascension durch das Mittagsrohr), oder auf die Bestimmung der Höhen (im Meridian zur Kenntniss der Deklinationen durch den Meridiankreis, oder ausser dem Meridian zur Zeitbestimmung u. a. durch den Höhenkreis) oder endlich auf die Bestimmung von Differenzen der Rectascension und Deklination (durch parallaktische oder auch durch einfache, aber mit Mikrometern versehene Fernröhre). Man hat überdiess im Verlaufe dieses Werkes gesehen, wie man, bloss mit Hülfe dieser beobachteten Höhen der Gestirne die Polhöhe oder die geographische Breite, die Schiefe der Ekliptik u. s. w. finden, und wie man aus diesen und ähnlichen Bestimmungen die sämmtlichen Elemente der Planetenbahnen durch Rechnung ableiten

kann, z. B. die Lage der Nachtgleichen, die Umlaufszeiten der Planeten, ihre Entfernungen u. f.

Noch ist uns übrig, zu sagen, wie man mittelst derselben Instrumente auch die geographische Länge seines Beobachtungsortes bestimmen kann, dieses wichtige Element, ohne welches wir nicht wüssten, welchen Punkt der Oberfläche der Erde, oder wenigstens, welchen Punkt unseres irdischen Parallelekreises wir bewohnen, und dessen Unkenntniss besonders den Schiffer auf der hohen See in die grössten Gefahren bringen kann, wie aus nachstehenden Betrachtungen erhellen wird.

So lange der Seefahrer von der unmittelbaren Kenntniss der Oertlichkeiten abhing, wie der gewöhnliche Landreisende, konnte er, wie dieser, sich nicht aus dem Bereiche unmittelbarer Wahrnehmungen, die zu seiner Orientirung dienten, entfernen; er durfte die Küsten nicht verlassen, konnte nur bei heiterem Wetter, nicht in Nacht und Nebel seine Ausflüge machen, musste sich vor Stürmen wohl hüten, die ihn in die hohe See, oder in unbekannte Gegenden verschlagen konnten. Daher das mühselige Forthelfen des Menschen längs der Gestade auf seinen Entdeckungsreisen im Alterthume, daher die Jahrtausende sich erhaltende Sonderung der Erdbewohner nach den Welttheilen, daher die ausserordentliche Kleinheit des Schauplatzes unserer Geschichte bis in die neuesten Zeiten herab.

Sollte sich die Schiffahrt aber aus den Fesseln dieser ursprünglichen Beschränktheit erheben, so hatte sie offenbar zwei Aufgaben zu lösen:

1. den Ort auf der Oberfläche der Erde, an welchem das Schiff sich befindet, so viel thunlich unter allen Umständen und zu jeder Zeit bestimmen zu können;
2. Mittel anzugeben, die uns in den Stand setzen, eine gewisse Richtung in der Fahrt des Schiffes genau beizubehalten;

denn sind wir mit dem ersten bekannt, so können wir aus der Karte immer auch angeben, in welcher Richtung wir zu fahren haben, um an den Ort unserer Bestimmung zu gelangen, und sind wir zweitens im Stande, diese Richtung zu halten, so ist an dem endlichen Erreichen jenes Ortes weiter nicht zu zweifeln. Wüsste man z. B., dass man nördlich von der liparischen Insel Stromboli steht, auch ohne sie zu sehen, so wüsste man auch, dass man gegen Nordwest steuern muss, um nach Elba zu kommen, und man hätte nur auf die Bewahrung dieser Richtung zu achten, um endlich zu dieser Insel zu gelangen.

Von diesen beiden Aufgaben löste der Mensch die zweite zuerst. Die Eigenschaft eines Magnets, sich bei freier Aufhängung immer mit einem und demselben Ende nach Norden zu kehren, setzt uns in den Stand, zu jeder Zeit und an jedem Orte die Lage der Weltgegenden zu erkennen, und somit auch die Richtung anzugeben, in welcher wir zu fahren haben, um stets einer und derselben Weltgegend zuzusteuern. Auf dem Hintertheile des Schiffes vor dem Steuermann steht seitdem die Bussole, d. h. eine Magnetnadel, die auf ihrem Rücken eine Rose mit der gewöhnlichen Bezeichnung der Weltgegenden trägt, so dass die Nadel und die Rose sich mit einander drehen. An der inneren Wand der Büchse ist in der Richtung vom Vordertheile des Schiffes ein breiter Strich angebracht, auf welchen der Steuermann mittelst des Steuers nun bloss z. B. den mit Nordwest bezeichneten Punkt der Rose

zu erhalten hat, wenn er das Schiff in dieser Richtung (N.W.) führen soll. Jede Wendung des Steuerruders nämlich wird das Vordertheil des Schiffes in andere Stellung gegen die Weltgegenden und somit die Nordspitze der Nadel und der Rose in andere Stellung gegen den fixen Strich ihrer Büchse bringen, und offenbar nur, wenn der Punkt N.W. der Rose auf jenen Strich einspielt, das Vordertheil gegen diese Weltgegend gekehrt sein.

Mit diesem Hülfsmittel konnte sich nun die Schifffahrt schon in viel weiterem Spielraume bewegen. Wofern man nur den Ort der Abfahrt kannte, hing man weiter nicht von Licht und Wetter ab, und konnte des Nachts, bei trüber, undurchsichtiger Luft, auf Entfernungen, die jede unmittelbare Wahrnehmung des Bestimmungsortes unmöglich machten, nun weit kühnere, und doch eigentlich weit gesichertere Fahrten unternehmen. Derjenige aber, dem wir die erste Anwendung des Magnetes zu diesem Behufe verdanken, ist — vergessen. Wir wissen nur, dass die Chinesen schon 750 v. Chr. sich des Magnetes zur Orientirung auf grossen Landreisen, und etwa seit dem vierten Jahrhunderte nach Chr. für die Schifffahrt bedienten. Im zwölften Jahrhunderte war in Europa, wohin die Erfindung der Chinesen durch die Araber gekommen, der Gebrauch der Magnetnadel bereits allgemein bekannt (Humboldt Kosmos II.).

So wichtig der dadurch gemachte Fortschritt war, so blieb doch der Umstand, dass die andere Aufgabe des Schiffers: seinen Ort auch auf hoher See bestimmen zu können, noch ungelöst war, ein bedeutendes Hinderniss für die weitere Verbreitung der Schifffahrt; denn war es schon an sich wichtig, zu wissen, ob man nach einer gewissen Dauer der Reise bereits in der Nähe des Bestimmungsortes, oder von Inseln, Klippen u. dgl. sei, so konnte man ja überdiess durch Stürme oder andere Verhältnisse gezwungen werden, mitten im Meere seinen Kurs zu ändern, und wie sollte man dann sich wieder zurecht finden?

Diesem Uebelstande wurde grossentheils durch die Erfindung des Log abgeholfen, einer Vorrichtung, mittelst welcher man die Geschwindigkeit des Schiffes weit sicherer beurtheilen kann, als es bis dahin eben nur nach dem Augenmasse geübter Piloten geschehen war. An einer Leine, die Bequemlichkeits halber auf einem Haspel aufgewickelt ist, hängt ein dreieckiges Brettchen, das vom Hintertheil des Schiffes aus in's Meer geworfen wird, wenn man von dem Log Gebrauch machen will. Lässt man während einer bestimmten Zeit, z. B. einer Minute, die Leine gerade so schnell ablaufen, dass sie das Brettchen weder mitzieht, noch selbst zu schlapp hängt, bemerkt den Punkt, bis zu welchem nach Verfluss der Zeit die Leine ablief, und misst nun das ganze abgelaufene Stück derselben, so erhält man, vorausgesetzt, dass das Brettchen stehen blieb, offenbar den Weg, welchen das Schiff in einer Minute zurücklegt, und daraus sofort auch den Weg in einer Stunde. Combinirt man aber diese Geschwindigkeit des Schiffes mit der gehaltenen Richtung, die uns die Bussole gibt, so kann man auch, wofern der erste Abfahrtsort bekannt, den Ort finden, an welchem das Schiff sich eben befindet. Wäre man, um unser früheres Beispiel wieder vorzunehmen, von Stromboli in nordwestlicher Richtung täglich etwa achtzehn deutsche Meilen gefahren, so befände man sich am Ende des zweiten Tages auf der Höhe der Insel Ponza vor Terracina, und könnte nun

mit einer Landkarte von neuem die zu haltende Route bestimmen. — Man sieht, dass die Logleine eben nur ein Wegmesser (Hodometer) für die See ist, wie man deren für Landreisen lang vor Erfindung des Log ausgedacht hatte.

Dadurch waren für die Schifffahrt unendliche Vortheile erreicht; mit Bussole und Log war dem dringendsten Bedürfnisse eigentlich abgeholfen; man konnte sich in längere Fahrten nach bisher noch nie besuchten Ländern einlassen. Wieder aber kennen wir den Erfinder dieses höchst nützlichen, in beständiger Anwendung begriffenen Werkzeuges nicht mehr; seit dem Anfange des sechzehnten Jahrhunderts kam das Log in allgemeinen Gebrauch — das ist so ziemlich alles, was uns von seiner Entstehung bekannt wurde. So verklangen damals noch die Namen solcher Wohlthäter der Menschheit, während der unbegrenzte und wahrhaft rücksichtslose Schutz, den der Pressbengel heute Prioritäten aller Art angedeihen lässt, uns in Bälde zu erdrücken droht.

Mit Log und Bussole hatte man viel, aber noch lange nicht alles zur Sicherung von grossen Seereisen gewonnen. Die Magnetnadel weist bekanntlich nicht genau nach den Polen des Aequators; diese Abweichung ist nicht nur an verschiedenen Orten verschieden, sie ändert sich auch an einem und demselben Orte im Laufe der Zeit. Ueberdiess unterliegt der Kompass mancherlei Störung durch äussere Einflüsse, und bedarf daher öfterer Prüfung. Das Log gibt an sich nur beiläufige Resultate, die schon nach einer Fahrt von wenigen Tagen in sonst ganz günstigen Verhältnissen sehr fehlerhaft werden. Strömungen aber, die das Logbrettchen wie das Schiff fortrücken, zeigt es gar nicht an, so dass das Schiff in der That mehrere Seemeilen in der Stunde zurücklegen kann, und dabei dem Log nach zu urtheilen still steht. Endlich geht ein Schiff sehr selten bloss seiner Länge nach, d. h. nur vorwärts, gewöhnlich wird es von Wind und Wellen mehr oder weniger auch der Breite nach, d. h. seitwärts bewegt. Von dieser Verrückung aber gibt die Bussole so wenig als das Log Rechenschaft, und so kann man mit vorsichtig geregeltem und scheinbar ganz richtig gehaltenem Kurse, wenn man bloss diesen beiden Führern vertraut, seinen Bestimmungsort völlig verfehlen, und ist in beständiger Gefahr, auf Klippen und Sandbänke zu stossen, die man zu vermeiden wähnte.

Log und Bussole dürfen also nur für kurze Distanzen dienen, und sollen so oft als möglich durch unmittelbare Bestimmungen des Ortes, an welchem sich das Schiff befindet, kontrolirt werden. Solche Bestimmungen sind jedoch auf hoher See im Allgemeinen nur durch Beobachtung von Gestirnen zu erlangen. Daher seit dem Alterthume bis in unsere Tage das Bestreben, Instrumente und Methoden, die sich zu diesem Zwecke eignen, auszusinnen. In demselben Masse aber, als diess Bestreben nach und nach mit Erfolg gekrönt wurde, wurde der Schiffer auch kühner, wagte sich immer mehr in den freien Ocean, umfuhr Afrika, entdeckte Amerika, und ladet heute zu Weltumseglungen als — Lustreisen ein.

Als Instrumente dienten dabei zuerst am Maste befestigte Astrolabien (§. 4), bis im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts der durch Hadley bekannt gewordene Spiegelsextant (§. 45) diesen Theil der Aufgabe vollkommen löste. Was die Methoden betrifft, so hatte die Bestimmung der Polhöhe immer geringe Schwierigkeit, und war daher auch

schon im 15. Jahrhundert allgemein verbreitet. Nicht so die Bestimmung der geographischen Länge. Principiell hatte man zwar auch hier die richtigen Standpunkte bald gewonnen, praktisch betreten aber konnten diese Wege erst werden, als Le Roy im J. 1770 die ersten vollkommenen Chronometer lieferte, und die Bewegung des Mondes genau erkannt wurde, was nur eben in den letzten Decennien gelang. Im Folgenden werden wir erfahren, warum diess die Vorbedingungen zu dem heutigen Zustande der Dinge waren, wo jeder mit Kenntnissen und Instrumenten wohl ausgerüstete Seemann, wenn er auch seit Monaten keinen bekannten Punkt berührte, in kaum einer Stunde heiteren Wetters den Ort seines Schiffes auf wenige Seemeilen genau angeben kann.

§. 58. (Längenbestimmungen durch Telegraphen und Chronometer.) Bemerken wir zuerst, dass man die geographische Länge eines Ortes in Beziehung auf einen andern, dazu bestimmten Ort, z. B. auf Paris, kennen wird, wenn man weiss, wie viel es, in demselben Augenblicke, an diesen beiden Orten Uhr sei. Auf dem festen Lande und überall, wo es Verbindungen durch galvanische Telegraphen gibt, wird es keine Schwierigkeit haben, diess unmittelbar zu erfahren; in der That hat man bereits an vielen Orten auf diesem Wege Längenbestimmungen in grossem Stile durchgeführt. Aber wie zur See oder wo es keine telegraphischen Kommunikationen gibt? — Gesetzt, ein Schiffer habe nach einem heftigen Sturm, der ihn in ganz unbekannte Gegenden verschlagen, in der ersten heitern Stunde, nachdem sich der Himmel wieder aufgeklärt hat, seine Breite $9^0\ 10'$ nördlich, und zugleich, durch eine beobachtete Höhe der Sonne oder irgend eines andern Gestirns (§. 5) ausser dem Meridian gefunden, dass seine Uhr, die im Augenblicke dieser Beobachtung $8^h\ 26^m\ 50^s$ zeigte, um volle $8^h\ 3^m\ 30^s$ gegen mittlere Sonnenzeit seines gegenwärtigen Aufenthaltsortes zu wenig zeigt, dass es also in diesem Augenblicke auf seinem Schiffe genau $16^h\ 30^m\ 20^s$ mittlere Zeit, oder $4^h\ 30^m\ 20^s$ Morgens ist. Wenn er nun zugleich wüsste, dass es, in demselben Augenblicke, in Paris genau $8^h\ 22^m\ 30^s$ Abends mittlere Pariser Zeit sei, so würde er auch sofort wissen, dass er $16^h\ 30^m\ 20^s$ weniger $8^h\ 22^m\ 30^s$, das heisst, $8^h\ 7^m\ 50^s$ östlich, oder dass er $121^0\ 57'\ 30''$ östlich von Paris entfernt sei, dass also seine nördliche Breite $9^0\ 10'$ und seine östliche Länge $121^0\ 57'\ 30''$ betrage, und der erste Blick auf seine Karte würde ihm zeigen, dass sein Schiff in der Nähe der Nordküste der Insel Mindanao, die zwischen den Inseln Luçon und Borneo liegt, sich befinde, und daher seinen Lauf nördlich nehmen müsse, wenn es z. B. nach der Stadt Manila bestimmt ist. — Allein wie soll er erfahren, wie viel Uhr man in eben diesem Augenblick in Paris zählt?

Das einfachste Mittel zu diesem Zwecke ist ohne Zweifel ein Chronometer (§. 54), auf dessen guten Gang er sich vollkommen verlassen kann. Ehe nämlich der Schiffer z. B. Paris verliess, verglich er sein Chronometer täglich mit der Uhr der Sternwarte, und fand, dass derselbe in jedem Tag regelmässig um 2 Sekunden gegen mittlere Zeit vorausgehe. Als er Paris verliess, um seine Reise anzutreten, fand er, dass Abends 8^h sein Chronometer um $0^h\ 3^m\ 0^s$ gegen mittlere Pariser Zeit voraus sei. Seitdem bis zu dem gegenwärtigen Tage seien volle 40 Tage verflossen, in welchem also die Uhr, wenn sie ihren Gang unverändert beibehielt, 2mal 40^s oder $1^m\ 20^s$ weiter vorausgegangen sein muss, so dass sie also heute um $0^h\ 4^m\ 20^s$ gegen mittlere Zeit Paris

zu viel gibt. Nun war aber die Uhrzeit der Beobachtung $8^h\ 26^m\ 50^s$, also ist auch die mittlere Pariser Zeit dieser Beobachtung um $4^m\ 20^s$ kleiner oder gleich $8^h\ 22^m\ 30^s$, wie zuvor.

Es wird zur besseren Uebersicht dieses interessanten Verfahrens nicht überflüssig sein, dasselbe noch auf ein zweites Beispiel anzuwenden, welches unmittelbar aus dem Reisejournal eines französischen Seefahrers im Jahre 1793 genommen ist. Der Schiffer kam in der Mitte des März desselben Jahres in dem Hafen von Tongatabu, einer der Freundschaftsinseln, an. Dieser Ort war schon früher durch englische Seefahrer genau bestimmt worden. Seine südliche Breite ist 21° 7′ 35″, und seine östliche Länge von Paris $12^h\ 9^m\ 47^s.4$. Unser Schiffer wollte von da über die hebridischen und caledonischen Inseln nach der Ostküste von Neuholland fahren. Um seiner Länge zwischen den vielen Inseln, durch welche sein Lauf gehen sollte, gewiss zu sein, beschloss er, vor Antritt dieser Reise einige Tage zu verweilen, und den Stand und Gang seines Chronometers zu prüfen. Zu diesem Zwecke nahm er am 29. März in den Morgenstunden eine Sonnenhöhe auf Tongatabu, als sein Chronometer $7^h\ 34^m\ 28^s.8$ zeigte. Die Berechnung dieser Höhe zeigte ihm, dass seine Beobachtung um $7^h\ 33^m\ 55^s.1$ mittlere Zeit von Tongatabu gemacht worden war, und dass also sein Chronometer in diesem Augenblick um 33.7^s vor seiner mittleren Ortszeit vorausging.

Eine ähnliche Beobachtung stellte er auch am 7. April um $7^h\ 57^m\ 3^s.2$ Uhrzeit an, und fand, dass dieser Uhrzeit die mittlere Zeit $7^h\ 55^m\ 42^s.3$ entspreche, so dass also jetzt, neun Tage nach seiner ersten Beobachtung, die Uhr um $1^m\ 20^s.9$ gegen die mittlere Zeit vorausgeht, und dass zugleich ihre tägliche Voreilung gegen mittlere Zeit den neunten Theil von $1^m\ 20^s.9$ weniger $33^s.7$, das heisst $5^s.24$ beträgt.

Am 8. April segelte er von diesem Hafen gen West ab. Am 12. überfiel ihn ein Sturm, der bis zum 14. währte, und ihn, wie er besorgte, von dem rechten Weg abgebracht hatte. Als am 15. April Nachmittags sich die Sonne wieder zeigte, bestimmte er zuerst seine Breite, die er gleich 19° 51′ 20″ südlich fand. Um nun auch seine Länge, von seinem bekannten Abfahrtsorte Tongabatu zu erhalten, beobachtete er auf dem Schiffe mit seinem Sextanten zur Zeit, als sein Chronometer $3^h\ 48^m\ 28^s$ zeigte, eine Sonnenhöhe, und fand daraus durch Rechnung, dass er diese Beobachtung um $2^h\ 47^m\ 25^s.5$ mittlerer Ortszeit seines Schiffes angestellt habe.

Um für denselben Augenblick seiner Beobachtung die mittlere Zeit von Tongatabu zu erhalten, so war, nach seinen früheren Beobachtungen in jenem Hafen, das Chronometer am 7. April $7^h\ 57^m$ Morgens gegen mittlere Zeit des Hafens um $1^m\ 20^s.9$ voraus. Da aber dasselbe Chronometer täglich um $5^s.24$ noch weiter vorausgeht, so musste es am 15. April $3^h\ 48^m$ Abends oder 8.3 Tage nach jener Beobachtung des 7. April um 8.3mal $5^s.24$ oder um $43^s.5$ mehr, also im Ganzen um $2^m\ 4^s.4$ gegen mittlere Zeit jenes Hafens voraus sein. Wir haben demnach für den Augenblick der letzten Beobachtung

Zeit des Chronometers auf dem Schiffe .	4^h	48^m	$28^s.0$
Korrection		2	4.4
Mittlere Zeit in Tongatabu	3	46	23.6
Zuvor war aber mittlere Zeit des Schiffs	2	47	25.5
Differenz	0	58	58.1

und diess ist daher zugleich die gesuchte Längendifferenz des Schiffs und des Hafens von Tongatabu. Da die mittlere Schiffszeit kleiner ist, als die mittlere Hafenzeit, so liegt das Schiff um 0^h 58^m $58^s.1$ westlich von jenem Hafen. Es war aber die bekannte

Länge von Tongatabu	12^h 9^m $47^s.4$
die gefundene Längendiffenz . . .	0 58 58.1

also ist auch die gesuchte östliche Länge

des Schiffs von Paris	11 10 49.3

Drückt man diess (Einl. §. 1) in Graden aus, so erhält man für den Ort des Schiffes zur Zeit der letzten Beobachtung

östliche Länge von Paris 167° 42′ 19″.5.

Oben aber hatten wir überdiess

südliche Breite 19° 51′ 20″.0.

Ein Blick auf die Karte zeigte ihm daher, dass sein Schiff im südlichen Theile des Archipels der Neu-Hebriden sei.

Die Vollkommenheit, mit welcher man jetzt Chronometer ausführt, hat dieser Art, die Länge zu bestimmen, eine Verbreitung weit über ihren ursprünglichen Gebrauch zur See gegeben. Grossartige Anwendungen in den Vereinigten Staaten, England, Frankreich, Russland u. a. O. zählen zu den genauesten Grundlagen der heutigen Geographie.

§. 59. (Längenbestimmungen durch Pulversignale, Sternschnuppen und Finsternisse.) Es gibt noch mehrere Methoden, die gegraphische Länge durch Beobachtungen zu bestimmen, von welchen wir nur einige der vorzüglichsten kurz anführen wollen.

Die Mondsfinsternisse (I. §. 172) bieten sich zu diesem Zwecke als besonders bequem dar. Da diese Finsternisse dadurch entstehen, dass die für uns ganz beleuchtete Mondsscheibe zur Zeit des Vollmonds in den Schattenkegel tritt, welchen die Erde hinter sich wirft, so wird der Mond dadurch seines, bloss von der Sonne geborgten Lichtes, in der That beraubt, und diese Verdunklung desselben muss von allen Bewohnern der Erde, die nur überhaupt den Mond zur Zeit der Finsterniss sehen können, in demselben Augenblicke gesehen werden, so dass also nur jeder diesen Augenblick an der richtig nach seiner Ortszeit gehenden Uhr angeben darf, um sofort auch die Längendifferenz aller Beobachtungsorte zu erhalten.

Bei den Längenbestimmungen jeder Art kommt nämlich alles darauf an, eine Erscheinung aufzufinden, die für alle, denen sie überhaupt bemerkbar ist, in demselben Augenblicke gesehen wird, d. h. die tautochron ist, da man eigentlich nur wissen will, wie viel jeder von den Beobachtern dieser Erscheinung in diesem Augenblicke an seiner richtig gehenden Uhr zählt, d. h. welche wahre oder mittlere Sonnenzeit oder auch welche Sternzeit jeder Beobachter in diesem Augenblicke hat, denn dann ist die Differenz dieser Zeiten zugleich die Differenz der gesuchten Längen beider Orte. Auf dem festen Lande beobachtet man neuerlich zu diesem Behufe Sternschnuppen, oder erzeugt sich künstlich tautochrone Erscheinungen, indem man auf Punkten, die von den zu bestimmenden Stationen sichtbar, zu voraus bestimmten Zeiten Pulversignale gibt, deren Aufblitzen für alle Beobachter zu gleicher Zeit Statt hat. Auf der See aber, oder wo solche Veranstaltungen überhaupt nicht

möglich, wird man sich um natürliche Phänomene umsehen müssen, die tautochron sind.

Da diess nun von den Mondsfinsternissen sowohl, als auch von den Verfinsterungen der Satelliten anderer Planeten, z. B. des Jupiters, gilt, so werden sie auch unmittelbar zu Längenbestimmungen angewandt werden können, wie wir diess bereits oben (I. §. 177) bemerkt haben. Allein diese Finsternisse haben zu dem gegenwärtigen Zwecke den Nachtheil, dass sie nicht mit hinlänglicher Schärfe beobachtet werden können. Der Schattenkegel der Erde ist nämlich, wegen des ihn umgebenden Halbschattens, nur sehr unvollkommen begrenzt, und diess ist die Ursache, dass man den eigentlichen Anfang oder das Ende der Finsterniss nie mit Gewissheit angeben kann. Kurz vor dem Anfange wird der Ort des Mondsrandes, wo sie beginnen soll, durch jenen Halbschatten gleichsam mit einem matten Schleier überzogen, der sich nur langsam näher zu dem Mittelpunkt hin zieht und zugleich immer dunkler wird, und durch allmähliche Abstufungen das Licht des Mondes mehr und mehr verfinstert, so dass der Augenblick der völligen Verfinsterung nicht genau angegeben werden kann. Aehnliches ist auch von dem Ende der Finsterniss zu bemerken. Man hat diesem Umstande dadurch abzuhelfen gesucht, dass man den Ein- und Austritt der Flecken des Mondes in den Schatten beobachtete, aber auch diese Wahrnehmungen leiden, obschon in geringerem Grade, unter derselben Unvollkommenheit. Zum Beweise führen wir hier eine Mondsfinsterniss an, die im Jahre 1790 in Paris und auf der Sternwarte Seeberg bei Gotha beobachtet wurde.

	Paris m. Z.			Seeberg m. Z.			Längendifferenz.		
Anfang	11^h	7^m	33^s	11^h	41^m	44^s	0^h	34^m	11^s
Kopernicus	11	29	58	12	3	21	0	33	23
Tycho	11	30	23	12	4	5	0	33	42
Ende	13	55	23	14	28	36	0	33	13

wo man aus den Zahlen der letzten Kolumne sieht, wie wenig die Resultate solcher Beobachtungen unter sich übereinstimmen. Besser harmoniren allerdings die Beobachtungen der Finsternisse der Jupitersmonde, aber auch sie lassen noch immer viel zu wünschen übrig. Dazu kommt, dass diese Finsternisse nicht so oft vorfallen, als besonders der Schiffer sie braucht, der jeden Tag die Lage seines Schiffes kennen muss, wenn er sich nicht den grössten Gefahren aussetzen will.

Die Sonnenfinsternisse (I. §. 173), so wie die Bedeckungen der Fixsterne von dem Monde (I. §. 177) haben den Vortheil, dass sie sich mit grosser Schärfe beobachten lassen. Zwar sind diese Erscheinungen nicht tautochron, oder sie haben nicht für alle Beobachter auf der Erde in demselben Augenblicke statt. Sie entstehen nämlich dann, wenn der Mond in seinem Laufe gen Ost sich zwischen den Beobachter auf der Erde und zwischen die Sonne oder den Fixstern stellt, und uns daher den Anblick dieser Gestirne raubt, oder, wie man zu sagen pflegt, sie verfinstert, bedeckt. Man sieht nun, dass die Stellung des Beobachters auf der Oberfläche der Erde diese Erscheinungen gar mannigfaltig verändern kann. Ein sehr östlich stehender Beobachter wird z. B. den Mond noch weit westlich von dem Stern sehen können, während für den westlichen Beobachter der Stern von dem Monde schon seit längerer Zeit bedeckt ist. Allein da man die Bewegung des Mondes schon so genau kennt, so ist es leicht, die von der Oberfläche der Erde beobach-

tete Finsterniss durch Rechnung auf diejenige Zeit zu bringen, zu welcher man sie aus dem Mittelpunkt der Erde beobachtet haben würde, und wenn diese Reduction, die man bei der gegenwärtigen Vollkommenheit unserer Mondstafeln mit grosser Schärfe vornehmen kann, bei allen Beobachtungen derselben Finsterniss vorgenommen wird, so hat man dann, für diese gleichsam von dem Mittelpunkte der Erde gesehene Finsterniss, die wieder für alle Beobachter tautochron ist, die Ortszeiten der verschiedenen Beobachter auf der Erde, daher man nur wieder diese Ortszeiten, wie zuvor, von einander subtrahiren darf, um sofort auch die gesuchte Längendifferenzen dieser Beobachtungsorte zu erhalten.

Um auch diess durch ein Beispiel zu erläutern, hat man für die Bedeckung des Sterns ε Zwillinge durch den Mond am 8. August 1798 folgende Beobachtungen:

	Eintritt.	Austritt.
	Mittlere Ortszeit.	
Leipzig . . .	$1^h\ 35^m\ 17^s$	$2^h\ 19^m\ 31^s$
Ofen	1 57 28	2 35 37
Danzig . . .	2 1 31	2 46 45
Celle	1 27 42	2 13 29

Sucht man daraus mittelst jener Rechnung die Ortszeiten, für welche ein Beobachter im Mittelpunkte der Erde den Mittelpunkt des Monds eben in Conjunction oder in gleicher (astrographischer) Länge mit diesem sehen würde, so erhält man

Leipzig	$3^h\ 2^m\ 37^s$
Ofen	3 29 14
Danzig	3 27 38
Celle	2 53 15

und die Differenzen dieser Zeiten sind auch zugleich die gesuchten Differenzen der geographischen Längen dieser Orte. Nimmt man daher die Länge von Leipzig gleich $0^h\ 40^m\ 13^s$ von Paris, als bereits bekannt an, so erhält man für die Länge

von Ofen	$1^h\ 6^m\ 50^s$
Danzig	1 5 14
Celle	0 30 51

Beobachtungen dieser Art geben zwar sehr genaue und sehr gut unter sich übereinstimmende Resultate, daher sie auch zu Längenbestimmungen auf dem Festlande vorzugsweise von den Astronomen zu diesem Zwecke gewählt werden, allein für den Seemann fallen sie ebenfalls viel zu selten vor, als dass er sich auf sie allein verliesse, selbst wenn es möglich wäre, dass ihm die Beobachtungen der anderen schnell genug mitgetheilt werden könnten, um davon zu seinem Zwecke Gebrauch zu machen, oder wenn er statt dieser Beobachtungen Vorausberechnungen solcher Erscheinungen für andere Orte seinen Bestimmungen zu Grunde legen wollte. Immer aber haben diese Methoden den Vortheil, dass man dazu keines Chronometers bedarf, da es sich nur um die Ortszeit des Phänomens handelt, die man durch eine gleichzeitige Beobachtung im Nothfalle für sich bestimmen kann.

§. 60. (Längenbestimmungen durch Mondsdistanzen.) Für den Schiffer handelt es sich also vorzüglich um ein Verfahren, welches häufig angewandt werden kann, und hinreichend genaue Resultate gibt, um sich über den Lauf des Schiffes und die es umgebenden Gefahren wenigstens in den

meisten Fällen auch dann noch sicher zu stellen, wenn kein Chronometer zu Gebote steht.'

Dieses Mittel hat schon Halley in den Beobachtungen der Distanzen des Mondes von den vorzüglichsten Fixsternen gefunden. Allein zu seiner Zeit, zu Ende des 17ten Jahrhunderts, war die Theorie des Mondes noch zu unvollkommen, um diese Methode mit Nutzen gebrauchen zu können. In unseren Tagen hingegen sind die Bewegungen des Mondes bereits so gut bekannt, dass dieses Verfahren, die geographische Länge zu bestimmen, mit Sicherheit angewandt werden kann und auch in der That von allen erfahrenen Schiffern angewandt wird. Man geht aber dabei auf folgende Weise vor.

Da man aus den astronomischen Tafeln sowohl den Ort des Mondes, wie er aus dem Mittelpunkte der Erde erscheint, als aus Katalogen den der Fixsterne leicht finden kann, so wird man daraus auch, durch eine einfache Rechnung, den Abstand finden, um welchen für diesen Augenblick der Mond von einem jener Sterne entfernt ist. Man hat daher in den astronomischen Ephemeriden diese Distanz des Mondes sowohl von etwa zehn bis zwölf der grössten Fixsterne, als auch von der Sonne und von den grössten Planeten für jeden Tag von 6 zu 6, ja selbst von 3 zu 3 Stunden voraus berechnet und durch den Druck bekannt gemacht, damit die Schiffer diese Tafeln auf ihren Reisen mit sich nehmen und ihre Längenbestimmungen darauf gründen können. Nehmen wir an, dass man die von dem Mittelpunkte der Erde gesehene Distanz des Mondes von irgend einem anderen Gestirne, z. B. von der Sonne, für folgende Zeiten durch Rechnung gefunden habe:

	Mittlere Pariser Zeit.		geocentr. Distanz ☉☾
18. August	Mitternacht	0^h	$24^0\ 30'\ 10''$
	Morgens	6	27 50 40
	Mittags	12	31 21 25
	Abends	6	35 2 40

Es habe nun ein Schiffer in dem sogenannten stillen Ocean zuerst seine Breite zu $9^0\ 30'$ nördl. so wie den Fehler seiner Uhr bestimmt, und dann, um $7^h\ 3^m\ 40^s$ seiner mittleren Ortszeit, in den Abendstunden, mit seinem Sextanten die Distanz des Mittelpunktes der Sonne und des Mondes gleich $28^0\ 30'\ 10''$ beobachtet. Wäre aber seine Uhr etwa durch irgend einen Zufall unbrauchbar, so könnte er seine Ortszeit auch unmittelbar durch eine gleichzeitig mit der Distanz durch einen zweiten Beobachter gemessene Sonnenhöhe bestimmen.

Man sieht schon aus dieser Distanz, die gegen 7^h Abends Schiffszeit genommen wurde, da sie zwischen die zweite und dritte der oben berechneten Distanzen fällt, dass es, zur Zeit dieser Beobachtung, in Paris zwischen 6 und 12 Uhr und zwar nahe 7 Uhr Morgens gewesen sein müsse, so dass also das Schiff nahe 12 Stunden mehr zählt, als Paris, oder dass das Schiff nahe in der östlichen Länge von 12^h von Paris gewesen sein müsse.

Allein diese blosse Schätzung, die man übrigens durch eine einfache Proportion leicht genau berechnen könnte, würde doch sehr unrichtig sein. Denn jene voraus berechneten Distanzen beziehen sich, wie gesagt, auf den Mittelpunkt der Erde, während die hier auf dem Schiffe beobachtete nicht von dem Mittelpunkte, sondern von der Oberfläche der Erde gesehen wurde, und daher mit jener nicht unmittel-

bar verglichen werden kann. Um diese Vergleichung beider Distanzen richtig anzustellen, wird man also zuerst diese beobachtete Distanz ebenfalls auf den Mittelpunkt der Erde reduciren müssen.

Ohne uns hier dabei aufzuhalten, wie diese Reduction gefunden wird, wollen wir annehmen, dass sie für unseren Fall 0° 12′ 20″ betrage, so dass also diese beobachtete Distanz, von dem Mittelpunkte der Erde gesehen, gleich 28° 42′ 30″ wäre.

Dieses vorausgesetzt, fragt es sich nun, wie viel es in Paris mittlere Zeit ist, wenn die geocentrische Distanz der Sonne und des Mondes an jenem Tage 28° 42′ 30″ beträgt. — Diess findet man aber sehr leicht aus der vorhergehenden Tafel, in welcher man sieht, dass die Distanz der beiden Gestirne von 6 Uhr Morgens bis Mittag sich um 3° 30′ 45″ ändert, während die beobachtete geocentrische Distanz von jener der sechsten Morgenstunde nur um 0° 51′ 50″ verschieden ist. So erhält man nämlich die Proportion

$$3^0\ 30'\ 45'' : 6^h = 0^0\ 51'\ 50'' : x$$

woraus folgt, dass x $1^h\ 28^m\ 32^s.5$ ist, welche Zeit dann, zu 6^h addirt, die gesuchte korrespondirende mittlere Pariser Zeit jener Beobachtung $= 7^h\ 28^m\ 32^s.5$ gibt. Wir haben demnach für diese Beobachtung

mittlere Schiffszeit	7^h	3^m	$40^s.0$	Abends
mittlere Pariser Zeit . . .	7	28	32.5	Morgens
Differenz	11	35	7.5	

und diess ist daher die gesuchte geographische Länge des Schiffs und zwar östlich von Paris, da die Ortszeit des Schiffes grösser ist, als die von Paris. Multiplicirt man diese Differenz durch 15 (Einl. §. 1), so hat man für die Ortsbestimmung des Schiffs

östliche Länge von Paris 173° 46′ 52″.5

und nach dem Obigen

nördliche Breite 9° 30′ 0″.

Die Karte zeigt, dass das Schiff zu jener Zeit im stillen Ocean östlich von den Marschall-Inseln war.

§. 61. (Beobachtungsfehler der ersten Art.) Das Vorhergehende wird, wie wir glauben, hinreichen, dem Leser einen genügenden Begriff von diesen interessanten Bestimmungen und überhaupt von den vorzüglichsten Beschäftigungen des praktischen Astronomen zu geben.

Doch darf man nicht glauben, dass damit das Geschäft des astronomischen Beobachters auch schon völlig geschlossen ist. Seine Pflichten sind eben so ausgebreitet und mannigfaltig, als der Gegenstand, mit welchem er sich beschäftigt, und seine Untersuchungen sind in vielen, ja in den meisten Fällen der Art, dass sie praktische Geschicklichkeit und theoretischen Scharfsinn in einem Grade erfordern, der nur selten in einem und demselben Menschen vereinigt anzutreffen ist. Hier wird es genügen, nur einige der grossen Hindernisse, die er beinahe täglich und in allen seinen Unternehmungen zu besiegen hat, wenigstens im Allgemeinen anzuzeigen. — Da kein Menschenwerk irgend einer Art vollkommen ist, so können wir diess auch von unseren astronomischen Instrumenten, selbst von den besten, nicht erwarten. Ja, wenn es auch einmal irgend einem glücklichen Künstler zufällig gelingen sollte, ein in allen seinen Beziehungen fehlerfreies Instrument herzustellen, so würde solcher Zustand doch keine Dauer haben und in der nächsten Stunde

vielleicht schon wieder einer Menge, wenigstens kleiner Fehler unterworfen sein. Die immer wechselnden Fluktuationen der Wärme z. B. in der Atmosphäre bringen in jedem Instrumente nicht bloss augenblickliche und vorübergehende, sondern selbst konstante Veränderungen hervor, die sich nie ganz wieder herstellen. Durch das Gewicht der einzelnen Theile, die an einem solchen Werkzeuge, bei dem Gebrauche desselben, verschiedene Lagen gegen einander annehmen müssen, werden ferner Verziehungen, Pressungen und Reibungen entstehen, die kein noch so symmetrischer Bau des Ganzen und kein noch so zweckmässig ausgedachtes Gegengewichtssystem vollkommen aufheben kann. Nebst diesen und ähnlichen Hindernissen, deren gänzliche Entfernung ausser dem Bereiche des Künstlers sowohl, als auch des Beobachters ist, wird jedes, auch das beste Instrument, noch Fehler der Ausführung haben, die wohl mit der Geschicklichkeit und dem Scharfsinne des Künstlers sich vermindern, aber nie völlig verschwinden. Die Achse wird nie vollkommen cylindrisch, nie ganz koncentrisch mit ihrem Kreise, dieser wird nicht geometrisch kreisförmig, die Eintheilung desselben nie völlig fehlerfrei sein u. s. w. Dasselbe wird auch von der Aufstellung dieser Instrumente gelten. Die Ebene des Meridiankreises oder die optische Achse seines Fernrohrs wird z. B. nie ganz genau in der Ebene des Meridians, die vertikale Achse des Höhenkreises nie völlig senkrecht auf dem Horizonte, die Drehungsachse des Aequatorials nie vollkommen der Weltachse parallel sein u. s. w., da alle Vorsicht, die man dabei angewandt haben mag, doch nur eine Annäherung zur Wahrheit, aber nicht diese Wahrheit selbst, nur eine Verminderung, aber keine völlige Vernichtung aller jener Fehler erreichen kann. So vollkommen diese Instrumente auch gebaut und aufgestellt sein mögen, die Forderungen des Beobachters werden immer vor den Leistungen des Künstlers voraus sein, und an jenem ist es daher, sich so viel als möglich von diesen unabhängig zu machen, und die Fehler, welche der Künstler von diesem Instrumente nicht ganz entfernen konnte, entweder geschickt zu umgehen und dadurch unschädlich zu machen, oder ihre wahre Grösse durch die Beobachtungen selbst zu entdecken und dann ihnen Rechnung zu tragen. — Zu dieser Absicht muss der Astronom seine Beobachtungen so auswählen, so unter einander verbinden und sich mit allen Eigenheiten seines Instruments und mit den verschiedenen Fehlerquellen desselben so innig bekannt machen, dass er in diesen Fehlern selbst, so weit diess menschlichen Kräften möglich ist, die Wahrheit erkennen und aus ihnen der Natur der beobachteten Erscheinungen gemässe oder richtige Resultate herausfinden kann. Hierin vorzüglich besteht das eigentliche Geschäft des praktischen Astronomen, ein schweres und oft sehr verwickeltes Geschäft, von welchem aber hier nur die allgemeinsten Züge den Lesern mitgetheilt werden können, da es, um sie völlig einzuführen, nöthig sein würde, alle diese Geschäfte bei jedem einzelnen Instrumente umständlich durchzugehen. Mehrere Winke dazu sind übrigens bereits in dem Vorhergehenden enthalten. So wird z. B. bei allen oben erwähnten Kreisen vorausgesetzt, dass sich die Alhidade mit dem Kreise genau koncentrisch bewegt. Da diese Forderung von dem Künstler nicht in aller Strenge befriedigt werden kann, so bleibt dem Beobachter, wenn er genaue Resultate erhalten will, nichts übrig, als entweder die Grösse der Excentricität aufzusuchen und seine Beobachtungen darnach zu verbessern,

oder aber diesen Fehler durch irgend ein Mittel zu umgehen und dadurch unschädlich zu machen. Nun lässt sich auf eine sehr einfache Weise, durch blosse Elementargeometrie, zeigen, dass, wie gross auch diese Excentricität sein mag, die Wirkung derselben völlig vernichtet wird, wenn man der Alhidade, z. B. der Alhidade *mm'* des Aequatorials (Fig. 131) zwei einander gegenüberstehende Arme gibt und jedem der Endpunkte *m* und *m'* derselben mit einem Vernier versieht. Denn da wird, bei einer excentrischen Alhidade, der eine Vernier immer eben so viel zu weit voraus stehen, als der andere zurücksteht, die beiden Lesungen werden, die eine eben so viel zu gross, als die andere zu klein, und daher das Mittel aus beiden Lesungen immer der Wahrheit gemäss sein. Aus dieser Ursache sind auch bei allen besseren Kreisen diese Verniere immer doppelt und einander entgegengesetzt, um dadurch alle Fehler der Excentricität der Theilungen aus den Beobachtungen zu eliminiren. Aber nicht immer, ja nur selten lässt sich dieses Umgehen eben so einfach auch auf die anderen Fehler des Instruments anwenden. Wenn z. B. die Rotationsachse des Aequatorials der Weltachse nicht, wie es doch für jede gute Beobachtung erfordert wird, parallel ist, so bleibt hier nichts übrig, als die Abweichung dieser Rotationsachse von ihrer wahren Lage in horizontaler sowohl, als auch in vertikaler Beziehung aufzusuchen, wie wir diess oben (§. 45) gethan haben, und dann den so bekannten Fehlern dieser Achse bei jeder künftigen Beobachtung Rechnung zu tragen.

§. 62. (Allmähliche Ausbildung der Astronomie.) Bemerken wir noch, wie aus allen diesen Betrachtungen von selbst hervorgeht, dass unsere Kenntnisse des Sonnensystems und überhaupt alle unsere astronomischen Kenntnisse sich nothwendig nur stufenweise erweitern und berichtigen konnten. Die grossen, gleichsam die groben Züge der Erscheinungen, die uns der Himmel darbietet, fand man ohne Zweifel, mit einiger Aufmerksamkeit, schon in den ersten Zeiten und mit noch sehr unvollkommenen Instrumenten, oder auch ohne alle Hülfe derselben mit blossen Augen, und jene ersten Beobachter werden nicht angestanden haben, sie als von ihnen entdeckte Naturgesetze zu betrachten. So wie wir aber mit diesen Erscheinungen durch fortgesetzte Beobachtungen vermittelst besserer Instrumente näher bekannt wurden, so fanden sich sofort mehrere Ausnahmen von diesen sogenannten allgemeinen Gesetzen, und man sah sich dadurch in die Nothwendigkeit versetzt, jene Gesetze zu ändern und mannigfaltig zu modificiren, um sie den neuen Entdeckungen besser anzupassen. Spätere Verbesserungen der Instrumente und der Beobachtungskunst führten wieder ähnliche, neue Modifikationen herauf, bis wir endlich, durch immerwährende Korrection unserer früheren Ansichten, zu demjenigen Grade unserer Kenntniss der Natur gelangten, den wir gegenwärtig einnehmen und der in der Folge der Zeiten so lang erhöht werden wird, als das Menschengeschlecht für das Grösste und Erhabenste, das es zum Gegenstand seiner Betrachtung wählen kann, Sinn und Empfänglichkeit behält. Unsern alten Vorgängern in Griechenland mag es schwer genug geworden sein, die Kreise zu erkennen, in welchen sich die Planeten unseres Sonnensystems bewegen sollten. Zweitausend volle Jahre verflossen seit jener Entdeckung, bis endlich ein hochbegabter Mann aus den Beobachtungen Tycho's, die alle Messungen seiner Vorgänger an Genauigkeit übertrafen, den Schluss zog, dass diese

Bahnen der Planeten keine Kreise, sondern Ellipsen sind, in deren einem Brennpunkte die Sonne ruht. Und erst in der Mitte des letztvergangenen Jahrhunderts, wo die astronomischen Instrumente, besonders durch englische Künstler, völlig umgestaltet wurden, konnte man durch Beobachtungen zeigen, dass auch diese Ellipsen nur eine Annäherung zur Wahrheit, und dass die eigentlichen Bahnen der Planeten sehr zusammengesetzte krumme Linien von doppelter Krümmung sind, deren Gestalt und Lage immerwährenden Aenderungen unterworfen ist, Aenderungen, von welchen uns die von Newton begründete und von seinen Nachfolgern weiter ausgebildete Theorie die vollständigste Rechenschaft gibt. — Eben so hat man vielleicht sehr bald bemerkt, dass alle Fixsterne ihren täglichen Weg um die Erde in Kreisen zurücklegen, und wir haben gesehen, welche Mühe es unsern Vorgängern kostete, sich von dieser Täuschung zu befreien und diese Erscheinungen durch die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Achse zu erklären. Erst spät erkannte man mit Hülfe neuer, besserer Instrumente, dass diese Bahnen der Fixsterne von Kreisen wesentlich abweichen, und dadurch wurde man auf die Entdeckung der Refraction geführt, ohne deren Kenntniss jede weitere Ausbildung der Astronomie so gut wie unmöglich gewesen wäre. Nun glaubte man endlich die krummen Linien, welche die Gestirne in ihrem täglichen scheinbaren Laufe um die Erde beschreiben, vollkommen bestimmt zu haben und jeden Punkt derselben mit der grössten Schärfe angeben zu können. Allein als Bradley in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in den Besitz der besten Instrumente seiner Zeit gelangte, entdeckte dieser vortreffliche Beobachter noch zwei andere Bewegungen der Fixsterne, durch welche jene krumme Linie wieder gar mannigfaltig verändert und umgeformt wurde, Bewegungen, die wir jetzt unter der Benennung der Aberration (I. §. 73) und der Nutation (I. §. 191) bei allen unseren Beobachtungen täglich berücksichtigen, und ohne deren Kenntniss die Astronomie nie denjenigen Grad der Vollkommenheit erhalten hätte, deren sie sich nun erfreut. Unsere späten Enkel werden dereinst noch die Eigenbewegungen eines jeden dieser Fixsterne hinzufügen, von welchen wir jetzt noch so wenig wissen, und sie werden ihre Zeitgenossen über die Bewegung des ganzen Sonnensystems im Weltraume belehren, über deren Grösse wir noch ganz im Dunkeln sind.

Auf diesem Wege der allmählichen Verbesserungen also sind unsere gegenwärtigen Kenntnisse in der Astronomie entstanden. Wenn eines jener sogenannten Gesetze der Natur gefunden war, und wenn, oft erst nach mehreren Jahrhunderten, neue und bessere Beobachtungen uns auf Ausnahmen von diesem Gesetzte führten, so stellten diese Ausnahmen sich zuerst unter der Gestalt von Fehlern der Beobachtungen dar, für welche sie auch in der That, so lange man noch keine Ursachen von solchen Ausnahmen kennt, gehalten werden müssen. Wenn aber diese vermeinten Ausnahmen sich immer mehr und mehr wiederholen und bei einer näheren Betrachtung ebenfalls wieder nach einem gewissen Gesetze fortzugehen scheinen, so können wir nicht mehr umhin, den Grund derselben nicht sowohl in dem Instrumente oder in der Beobachtungsart, als in unseren Voraussetzungen zu suchen, und jenes hypothetische Gesetz der Natur dahin zu verändern, dass dasselbe nicht nur jene Erscheinungen in ihren ersten rohen Zügen, sondern dass es auch diese sogenannten Ausnahmen darzustellen vermag, wodurch dann wieder den

Beobachtungen so lange genug gethan wird, bis eine neue Verbesserung der Instrumente oder eine neue Verfeinerung der Analyse uns neuerdings zu anderen Ausnahmen führt, deren Darstellung denn auch wieder eine neue Modifikation der vorhergehenden Hypothese nothwendig macht.

Zu diesem Fortschreiten in der Erkenntniss der Natur gehört aber, wenn es sicher sein soll, vor allem die oben erwähnte innige Bekanntschaft des Beobachters mit seinem Instrumente. Denn die meisten derjenigen Beobachtungsfehler, die bloss von einer Unvollkommenheit in dem Bau oder in der Aufstellung der Instrumente entspringen, haben ebenfalls die Eigenschaft, dass sie nach gewissen Gesetzen fortgehen und in bestimmten Perioden eingeschlossen sind, nach welchen sie in der früheren Ordnung wiederkehren. Diess wird z. B. der Fall sein bei einer Excentricität des Kreises, bei einer Verbiegung seiner Ebene, bei einer unrichtigen Eintheilung desselben, die gewöhnlich von einer falschen Stellung des Kreises zur Theilmaschine bei seiner Anfertigung kommt u. s. w. So lange daher das Instrument in allen seinen Eigenthümlichkeiten nicht vollkommen erkannt und sein Gebrauch völlig gesichert ist, wird man nie entscheiden können, ob diese periodischen, nach einem gewissen, wenn gleich noch vielleicht unbekannten Gesetze, fortgehenden Fehler der Beobachtungen, bloss von dem Instrumente kommen, oder ob sie in der Natur der Erscheinungen selbst gegründet sind, und so lange man diese beiden Quellen nicht unterscheiden und von einander trennen kann, ist auch ein wahres Fortschreiten unserer Kenntniss der Natur unmöglich.

§. 63. (Beobachtungsfehler der zweiten Art.) Allein es gibt noch eine ganz andere Gattung von Fehlern, die man bei allen unseren Beobachtungen antrifft, und die sich von den bisher betrachteten wesentlich unterscheiden, indem sie keine Periode beobachten und nach keinem bestimmten Gesetze fortgehen, sondern vielmehr ganz dem Zufalle überlassen zu sein scheinen. Die Fehler, mit welchen unser Auge den Moment auffasst, wo der Stern eben durch den Faden geht, oder die, mit welchen unser Ohr die Pendelschläge der Uhr vernimmt, nach welchen wir die Zeit der Beobachtung bestimmen, selbst der Wechsel der Witterung, der in der Refraction, und der Wechsel der Temperatur, der in dem Instrumente augenblickliche Veränderungen hervorbringt; ferner der Mangel oder auch eben sowohl die zu grosse Gespanntheit unserer Aufmerksamkeit im Augenblicke der Beobachtung, und unzählige andere ähnliche Ursachen werden die Resultate dieser Beobachtungen bald etwas grösser, bald wieder etwas kleiner geben, als sie der Wahrheit gemäss sein sollen. Wenn man z. B. die Polhöhe einer Stadt aus mehreren auf einander folgenden Beobachtungen nach der oben (I. §. 44) angezeigten Methode, schon mit gehöriger Rücksicht auf die Fehler des Instruments

am ersten Tage	48^0	$12'$	$35''$
zweiten „	48	12	33
dritten „	48	12	34

gefunden hätte: welche von diesen Zahlen soll man nun als die wahre oder doch als die der wahren nächste betrachten? — Da die unbekannten Fehler einer jeden einzelnen dieser Beobachtungen, so gross auch die Anzahl der letzten sein mag, nach keinem merkbaren Gesetze fortgehen, und, wenn sie, wie gesagt, nur zufällig entstanden sind, auch

nicht fortgehen sollen, so können sie, wie es scheint, auch keiner weiteren Berechnung, nicht einmal einer blossen Schätzung unterworfen werden. Wie vortrefflich auch unser Instrument sein mag, und welche Mühe und Einsicht wir auch auf die Behandlung desselben verwandt haben mögen, diese Fehler können nicht weggebracht werden, sie wurzeln gleichsam in unserer eigenen Natur, in der Unvollkommenkeit unserer sinnlichen sowohl als unserer geistigen Operationen, und sie werden also auch immer auf die Resultate unserer Beobachtungen einwirken und dieselben fehlerhaft machen.

Eine einfache Betrachtung scheint uns übrigens hier einen Ausweg aus diesen Irrgängen zu bahnen. Da die Fehler, von welchen die Rede ist, zufällig sind, und die gesuchten Resultate zuweilen vergrössern und im Allgemeinen eben so oft und eben so viel wieder verkleinern, so wird man, mit grosser Wahrscheinlichkeit, annehmen können, dass auch hier, wie so oft in andern Fällen, die Wahrheit in der Mitte liege, und dass man daher nur die durch die einzelnen Beobachtungen erhaltenen Resultate addiren und die so erhaltene Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividiren, d. h. also, dass man nur das sogenannte arithmetische Mittel aller Beobachtungen nehmen darf, um das der Wahrheit nächste Resultat zu erhalten. In dem letzten Beispiele beträgt die Summe der drei einzelnen Beobachtungen 144° 37′ 42″, und der dritte Theil derselben oder 48° 12′ 34″ wird daher, nach dem so eben Gesagten, die der Wahrheit nächste Polhöhe sein.

Es ist für sich klar, dass dieses Verfahren im Allgemeinen desto zuverlässiger sein wird, je grösser die Anzahl der Beobachtungen ist, vorausgesetzt, dass sie alle unter ähnlichen Verhältnissen angestellt wurden, und dass keine von ihnen irgend einen Vorzug vor der anderen verdient. Wenn aber dieser Fall, der in der That selten genug eintreten mag, nicht statt hat, wenn z. B. von 30 Beobachtungen die ersten 10 bei viel günstigerem Wetter als alle übrigen, wenn die zweiten 10 von einem geübteren Beobachter und die letzten 10 endlich an einem besseren Instrumente, als die übrigen, angestellt wären, kurz wenn die einzelnen Beobachtungen, wie man zu sagen pflegt, verschiedenes Gewicht haben? — Dann lässt sich die vorhergehende einfache Regel offenbar nicht mehr anwenden. Wie soll man also dann verfahren?

Noch verwickelter wird die Antwort auf diese Frage werden, wenn man, durch diese Beobachtungen, mehrere Grössen zugleich der Wahrheit gemäss oder doch ihr so nahe als möglich finden will. Um auch davon ein Beispiel zu geben, so haben die Astronomen ihre Sonnen- und Planeten-Tafeln, wie wir oben (I. §. 141) gezeigt haben, so eingerichtet, dass man daraus den Ort dieser Gestirne für jeden gegebenen Augenblick leicht finden kann. Zur Berechnung dieser Tafeln haben sie für die sechs Elemente (I. §. 139) eines jeden dieser Planeten gewisse Werthe angenommen, die ihnen damals die wahrscheinlichsten dünkten. Allein diese Werthe werden ohne Zweifel der Wahrheit nicht ganz entsprechen, und wenn in dem Laufe der Jahre unsere Kenntniss des Sonnensystems, zugleich mit unserer Beobachtungskunst, bedeutende Fortschritte gemacht hat, so werden wir auch wohl im Stande sein, bessere und genauere Werthe für jene Elemente anzugeben, als die unserer Vorgänger gewesen sein mögen, denen jene Vortheile noch nicht zu Gebote standen. Wir werden also auch bessere Planetentafeln auf-

stellen können, wenn wir diese genaueren Elemente erhalten haben, mit welchen wir dann jene Tafeln wieder neu berechnen werden. — Allein wie sollen wir zu diesen besseren Elementen kommen? Offenbar durch unsere besseren Beobachtungen selbst und durch Vergleichungen derselben mit jenen Tafeln der Alten.

Nehmen wir also z. B. an, wir hätten an irgend einem Tage die Sonne mit aller uns möglichen Sorgfalt beobachtet und ihre Länge gleich 30° 24′ 50″ gefunden. Sucht man nun aus den alten Tafeln für dieselbe Zeit die Länge der Sonne und findet sie gleich 30° 24′ 10″, so ist diess ein Beweis, dass die alten Tafeln, für diesen Tag, die Länge der Sonne um volle 40″ zu klein geben. Allein wo liegt nun dieser Fehler der Tafeln? — Er kann in der Epoche, in der Excentricität, in der Lage der grossen Achse — kurz, er kann in einem der sechs Elemente, oder in mehreren, oder auch in allen zugleich liegen, und das letztere ist sogar das Wahrscheinlichste, da wir keinen Grund haben, anzunehmen, dass auch nur ein einziges von den Elementen wie sie unsere Vorgänger angenommen haben, vollkommen richtig ist.

Es wird schon einige Kunst erfordern, zu entscheiden, welchen Einfluss ein jedes dieser sechs Elemente, für sich allein betrachtet, auf die Länge des Planeten haben wird, und wie viel also jedes dieser Elemente geändert werden müsste, wenn man durch diese Aenderung allein jenen Fehler von 40 Sekunden wieder gut machen wollte. Da nun aber jedem Elemente sein bestimmter Theil von diesem Fehler zukommen soll, so wird man offenbar eben so viel Beobachtungen, als Elemente sind, also sechs Beobachtungen, zu Hülfe nehmen müssen, um aus ihnen insgesammt diejenigen Aenderungen zu bestimmen, die jedes dieser Elemente erfahren muss, damit dadurch alle sechs Beobachtungen ganz genau dargestellt werden.

Diess wird aber, wie man sieht, gar manche mühsame und zeitraubende Rechnungen geben. Und wenn man sie endlich alle durchgeführt hat, wenn nun alle Elemente so bestimmt sind, dass sie diesen sechs Beobachtungen vollkommen entsprechen: werden diese so gefundenen neuen Elemente nun auch schon die wahren sein? — Sie würden es sein, wenn jene sechs Beobachtungen selbst ganz wahr und fehlerfrei wären. Allein das sind sie nicht, und das können sie, eben jener Fehler wegen, von denen wir so eben gesprochen haben, nicht sein. In Beziehung auf die oben erwähnte Natur dieser Fehler werden wir also die Tafeln unserer Vorgänger nicht bloss mit sechs, sondern vielmehr mit so vielen guten Beobachtungen als möglich vergleichen, und daraus erst die wahrscheinlichsten Elemente der Planeten bestimmen müssen. Wir werden z. B. hundert der besten Beobachtungen sammeln, und jede derselben wird, mit den alten Tafeln verglichen, einen anderen Fehler dieser Tafeln geben. Dabei ist noch zu bemerken, dass nicht alle diese Beobachtungen denselben Werth oder dasselbe Gewicht haben, und dann wird es an uns sein, zuzusehen, auf welche Weise wir jedes der sechs Elemente zu bestimmen haben, um dadurch alle jene hundert Beobachtungen, jede in Beziehung auf ihr Gewicht, nicht ganz genau, das ist offenbar unmöglich, aber doch genauer darzustellen, als diess durch was immer für andere Werthe dieser Elemente geschehen könnte. Die Leser sehen ohne unsere Erinnerung, dass diese Aufgabe nicht eben zu den leichtesten und bequemsten gehört, obschon sie offenbar eine der wich-

tigsten und nothwendigsten der Astronomie ist, da am Ende doch die Bemühungen der Astronomen zunächst den Zweck haben, das Sonnensystem, das heisst mit anderen Worten, eben diese Elemente der Planetenbahnen immer mehr und endlich so genau als möglich kennen zu lernen.

Fragen, wie die zuletzt aufgestellten, gehören in das Gebiet der sogenannten Wahrscheinlichkeits-Rechnung, und diese spielt nicht nur in der Astronomie, sondern, wie unseren Lesern bekannt ist, auch in dem gesellschaftlichen Leben bei Glücksspielen, Versorgungsanstalten u. s. w. eine sehr wichtige Rolle.

§. 64. (Wahrscheinlichkeit, wenn die Anzahl der möglichen Fälle unbekannt ist.) Allein diese letztgenannten Anwendungen der Wahrscheinlichkeits-Rechnung setzen voraus, dass die Anzahl der überhaupt möglichen Fälle bekannt ist. Es gibt aber in der Natur eine Menge von Ereignissen ganz anderer Art, bei denen diese Anzahl der möglichen Fälle völlig unbekannt ist, und diese sind es vorzüglich, welche den Astronomen, den Physiker und überhaupt alle Diejenigen interessiren, denen es darum zu thun ist, die Gesetze, nach welchen die Natur verfährt, durch eigentliche Beobachtungen, durch wiederholte Experimente näher kennen zu lernen. Wenn man nämlich den Werth einer oder auch mehrerer Grössen, die man schon aus früheren Beobachtungen, wenigstens beinahe, kennen gelernt hat, nun genauer bestimmen will, so bleibt uns nichts übrig, als diese Beobachtungen mit aller uns möglichen Umsicht anzustellen und sie, so viel von uns abhängt, zu vervielfältigen. Auf diese Weise wird man z. B. für die Polhöhe eines Ortes, oder für die Schiefe der Ekliptik, oder für beide zugleich eine sehr grosse Anzahl von Bestimmungen erhalten, die unter sich sämmtlich, wenn auch nur wenig, verschieden und überdiess auch noch vielleicht von sehr ungleichem Gewichte sein werden, und es wird sich nun darum handeln, aus allen diesen Bestimmungen diejenige herauszufinden, die der gesuchten Wahrheit zunächst liegt. Man bemerkt von selbst, dass diese Untersuchungen von einer ganz anderen Art sind, als die am Schlusse von §. 62 erwähnten, und dass sie zugleich für die endliche Ausbildung aller sogenannten Naturwissenschaften von der grössten Wichtigkeit sein müssen, da sie es eigentlich sind, die uns von den unvermeidlichen Fehlern unserer Sinne, denen wir bei allen unseren Beobachtungen und Experimenten ausgesetzt sind, unabhängig machen und gleichsam den Menschen von der beschränkten Lage, in welche ihn die Natur versetzt hat, befreien sollen. Auch ist jene Gattung der Wahrscheinlichkeits-Rechnung, wo die Anzahl der überhaupt möglichen Fälle gegeben ist, als die leichtere und einfachere schon seit längerer Zeit von Pascal, Moivre, Huyghens, Leibnitz, Bernoulli u. A. ausgebildet worden, während die gegenwärtige erst unseren Tagen angehört, indem wir das Vorzüglichste, was uns bisher davon bekannt geworden ist, unseren grossen Zeitgenossen Laplace und Gauss verdanken.

Es würde dem vorgesetzten Zwecke dieser Schrift nicht angemessen sein, die von den beiden letztgenannten Männern zu dieser Absicht gegebenen Methoden hier umständlich mitzutheilen, da diess ohne den Gebrauch vieler analytischer Formeln nicht ausführbar wäre. Wir müssen uns daher bloss darauf beschränken, die Wichtigkeit und den Nutzen dieser neuen Rechnungsart, wenigstens in einigen Beispielen darzustellen,

und unsere Leser so auf den grossen Einfluss aufmerksam zu machen, welchen die hier in Rede stehenden Methoden dermaleinst auf die Tiefe sowohl, als auch auf die Verbreitung der gesammten menschlichen Erkenntniss äussern werden. Weitere gemeinfassliche Aufschlüsse über diesen höchst interessanten Gegenstand findet man in J. J. v. Littrow's »Wahrscheinlichkeits-Rechnung« (Wien 1833) und dessen »Vermischten Schriften« (Stuttgart 1846) II. Theil Seite 467 u. ff.

§. 65. (Nutzen der Wahrscheinlichkeits-Rechnung.) Die Astronomie bietet uns bereits unzählige Fälle, in welchen dieser Zweig der Wahrscheinlichkeits-Rechnung, obschon derselbe erst vor Kurzem seine grössere Ausbildung erhielt, in oft sehr verwickelten Untersuchungen die erspriesslichsten Dienste geleistet hat. Der eigentliche Nutzen dieser neuen Analyse besteht aber nicht sowohl in der oft auch ohne sie erzielbaren Richtigkeit des Werthes irgend einer Unbekannten, als vielmehr in dem klaren Bewusstsein der erreichten Genauigkeit, das sie dem Rechner verschafft.

Die Sicherheit der Bestimmung irgend einer Grösse zu kennen, ist oft so wichtig, dass ohne diese Kenntniss die Bestimmung selbst ganz werthlos wird. Hätte z. B. Bessel an dem Sterne 61 des Schwanes eben nur die jährliche Parallaxe (I. §. 72) zu $0''.35$ gefunden, ohne uns zugleich zu sagen, welches Vertrauen diese Zahl verdiene, so hätte man jenes hochwichtige Resultat, die erste Bestimmung der Entfernung eines Fixsternes, wohl noch lange Zeit ungläubig hingenommen, so gross auch Bessel's Ansehen war, denn die kleine Grösse $0''.35$, kaum mehr als der dritte Theil einer Bogensekunde, verschwand damals (1838) noch für die Instrumente aller anderen Astronomen, und war nur für das treffliche Königsberger Heliometer und für den Scharfsinn eines so ausgezeichneten Beobachters messbar. Da aber Bessel zugleich auf unabweisliche Art zeigte, dass jene Grösse höchstens um den hundertsten Theil einer Sekunde irrig sein könne, so war auch für jeden Sachkundigen, dem die Beweiskraft des ganzen Verfahrens einleuchtete, diese Epoche machende Entdeckung fortan eine unbestreitbare Thatsache.

Die neue Analyse ist aber nicht nur auf diese Weise ein mächtiges Mittel in der Hand des Geometers geworden, sich von Beobachtungsfehlern unabhängig zu machen und die gewünschten Resultate in einer bis dahin unerreichten Reinheit und Bestimmtheit zu erhalten, sondern sie hat auch Veranlassung zu wichtigen Untersuchungen gegeben, auf die man ohne ihre Hülfe vielleicht nie verfallen wäre. Die Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes (III. §. 77) z. B. war nahe daran, als eine blosse Täuschung ganz verworfen zu werden, als Laplace durch sorgfältige Vergleichung der älteren mit den neueren Beobachtungen fand, dass die Wahrscheinlichkeit der Existenz dieser Acceleration nahe an Gewissheit grenze; dadurch bewogen, ging er die ganze Theorie des Mondes noch einmal durch, und war endlich so glücklich, die so lang vergebens gesuchte Ursache jener Erscheinung in der Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn nachzuweisen. Ebenso wurde Laplace auf seine Hypothese über die Entstehung des Sonnensystemes durch die Ueberzeugung geführt, dass man Millionen gegen Eins wetten kann, die Uebereinstimmung in den Neigungen der Bahnen und in den Richtungen der Revolutions- und Rotationsbewegungen sämmtlicher Planeten (§. 136) sei keine zufällige.

Diese Andeutungen mögen genügen, unseren Lesern einen allge-

meinen Begriff von den vielfachen Anwendungen zu geben, welche dieser Theil der Wahrscheinlichkeits-Rechnung, der die Methode der kleinsten Quadrate genannt wird, in allen Naturwissenschaften findet.

§. 66. (Sternwarten.) Nachdem wir im Vorhergehenden die hauptsächlichsten Werkzeuge des Astronomen kennen gelernt und gesehen haben, wie man sich derselben für die verschiedenen Zwecke der Wissenschaft zu bedienen habe, wollen wir uns nun auch noch mit der Einrichtung bekannt machen, die man den Gebäuden, in welchen die Instrumente aufgestellt werden, geben muss, um dem Bedürfnisse der Beobachtungen völlig zu entsprechen.

Die Grundsätze, nach welchen heut zu Tage Sternwarten zu erbauen sind, weichen von denen früherer Jahrhunderte wesentlich ab, hauptsächlich desshalb, weil die Genauigkeit, deren die Beobachtungen sich jetzt erfreuen, unter den Erfordernissen einer angemessenen Aufstellung der Instrumente unwandelbare Festigkeit in den Vordergrund bringt. England, dem Vaterlande der neueren praktischen Astronomie, gebührt das Verdienst, schon zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts durch seine berühmte Sternwarte in Greenwich das erste Muster einer den heutigen Anforderungen der Wissenschaft entsprechenden Anstalt gegeben zu haben. Obschon überreich an trefflichen Erfolgen, blieb dieses Beispiel doch lang unbeachtet, und auf dem Kontinente wurde erst im Jahre 1791 auf dem Seeberge bei Gotha eine Sternwarte nach neueren Grundsätzen errichtet, missglückte aber völlig, da ihr Erbauer Zach den Bedürfnissen freier Aussicht und ruhiger Lage durch völliges Isoliren von aller menschlichen Wohnung zu grosse Opfer gebracht hatte. So kommt es, dass auf dem Festlande keine auch nur aus dem vorigen Jahrhunderte datirende Sternwarte den Grundsätzen genügt, die heute als die allein richtigen gelten, und hier in Kürze angeführt werden sollen.

Die Lage des Gebäudes muss vor allem frei von Erschütterungen sein, da diese jede feinere Beobachtung stören; dieselbe muss ferner sich der nöthigen Stille erfreuen, um z. B. den Pendelschlag der Uhren noch hören zu lassen; allzu grosse Nähe von stark befahrenen Strassen, Glockenthürmen u. dgl. ist demnach zu vermeiden. Die Aussicht soll möglichst unbehindert sein, ein Umstand, dessen Berücksichtigung übrigens weit weniger in aller Strenge durchgeführt zu werden braucht, als die eben erwähnten Punkte; es hat nicht viel zu bedeuten, wenn einzelne Gegenden des Horizonts durch hohe Gebäude oder Berge gedeckt sind; der Astronom ist, wofern diese Deckungen nicht zu bedeutende und wichtige Theile des Himmels treffen, dann nur zuweilen gezwungen, auf diese oder jene Beobachtung Verzicht zu leisten, während Erschütterungen und Getöse alle seine Wahrnehmungen unsicher machen. Aus den eben berührten Gründen und um den nöthigen Platz zu später wünschenswerthen Erweiterungen zu gewähren, soll eine Sternwarte abgesondert von andern Häusern stehen, und von einem freien, weiten, zu ihren Zwecken ganz disponiblen Raume umgeben sein. Um die meteorologischen Aufzeichnungen, deren der Astronom zur Bestimmung atmosphärischer Einflüsse auf seine Beobachtungen bedarf, richtig zu erhalten und das deutliche Sehen vor schädlichen Einwirkungen eines zu heftig reflectirenden Bodens, so wie endlich die Instrumente vor Staub zu sichern, soll jener Raum in der Nähe der Anstalt mit Bäumen

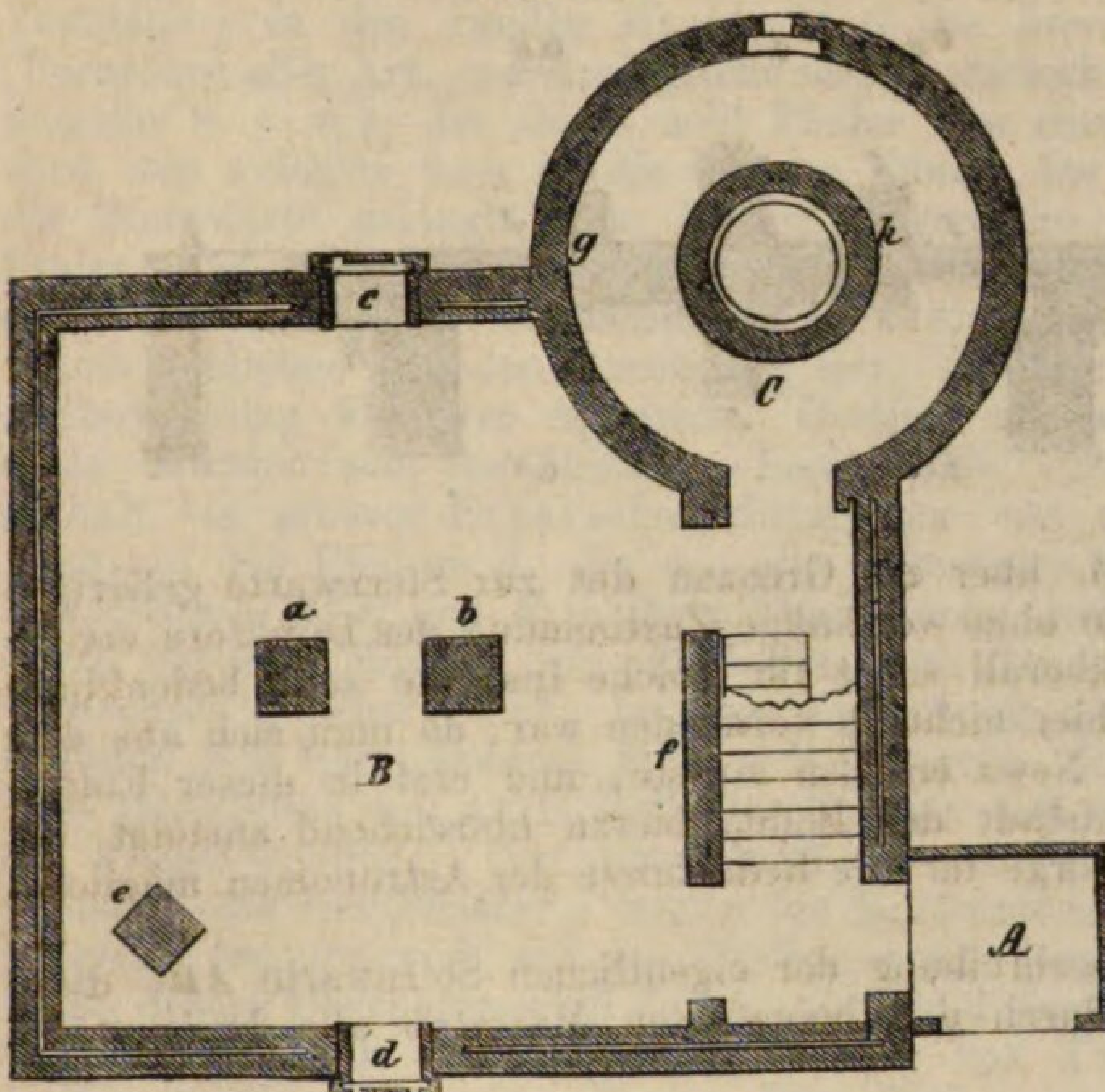
und andern Vegetabilien dicht bepflanzt sein, also eine Art Garten bilden. Das Gebäude selbst soll so niedrig als möglich, überdiess sollen alle Unterlagen von Instrumenten, die eine fixe Aufstellung fordern, vom übrigen Baue von den Fundamenten an isolirt sein, um jedem störenden Einflusse von Erschütterungen im Innern oder von ungleicher Erwärmung des Hauses vorzubeugen. Es soll für Einschnitte im Meridian und bei grösseren Anstalten auch im Ersten Vertikale, so wie für weite Fenster gesorgt sein, die ein völliges Hinausrücken beweglicher Instrumente zulassen. Ueberdiess müssen, je nach dem Bedürfnisse, einer oder mehrere Drehthürme oder ähnliche Einrichtungen vorhanden sein, die ein Aussehen nach jeder Richtung und dabei doch die nöthige Bedeckung des Instrumentes erlauben. Ferner soll eine geräumige, feste Terrasse oder Plateforme für Beobachtungen, die nur unter ganz freiem Himmel angestellt werden können, eingerichtet sein, wenn der Garten hierzu nicht Gelegenheit gibt. Endlich muss das gesammte Personal in Wohngebäuden untergebracht werden, die unmittelbar an die Sternwarte stossen, denn nur unter diesen Umständen kann man jeden heitern Augenblick des Tages und der Nacht benützen.

Zur vollständigen Ausstattung an Instrumenten gehören: Meridiankreis, Mittagsrohr, Aequatorial, möglichst grosses Fernrohr mit parallaktischer Aufstellung, Vertikalkreis, Heliometer, mehrere kleine Fernröhre, Pendeluhren und Chronometer, geodätische und meteorologische Instrumente, die letzteren eigentlich nur, in so weit dieselben Hülfsmittel zu astronomischen Untersuchungen bilden. Die meisten Anstalten begnügen sich je nach ihren speciellen Bestimmungen mit einem grösseren oder kleineren Theile dieses kompleten astronomischen Apparates.

Die eben gegebenen allgemeinen Vorschriften wollen wir hier durch zwei Beispiele erläutern, deren erstes uns die von dem verewigten H. C. Schumacher in Altona erbaute Sternwarte liefern soll. Dieser treffliche Gelehrte, der durch beinahe dreissig Jahre das literärische Centrum der astronomischen Welt bildete, hat durch die äusserst zweckmässige Einrichtung dieses in dem Garten seines Wohnhauses errichteten Gebäudes gezeigt, wie solche Anstalten auch bei einer Compendiosität, die deren Gründung in den Bereich jedes wohlhabenden Privatmannes bringt, Arbeiten fördern können, welche keinen Vergleich scheuen dürfen.

Fig. 144 gibt den Grundriss des kleinen Baues im Massstabe von $^1/_{96}$. Durch ein Vorhaus *A* tritt man zu ebener Erde in das Gemach des Meridiankreises *B*, der auf den für sich fundamentirten vom Fussboden getrennten Pfeilern *a*, *b* ruht, und sich unter einem durch Dach und Mauern gezogenen Einschnitte bewegt, dessen tiefste Theile in *c* und *d* ersichtlich sind. Ein Schieber, der sich über den Einschnitt legen lässt, schützt das Instrument, wenn man sich dessen nicht bedient, vor den Unbilden des Wetters. In *e* befindet sich ein gleichfalls vom übrigen Baue völlig isolirter Mauerpfeiler für die Pendeluhr. Um Feuchtigkeit möglichst hinzuhalten, sind die Mauern doppelt aufgeführt, und überdiess das Innere mit getheertem Segeltuch überspannt. Eine Treppe *f* führt in das ein Stockwerk hohe Thürmchen *C*, das zur Aufnahme von Instrumenten bestimmt ist, die in allen Gegenden des Himmels gebraucht werden sollen, also eines Höhenkreises, Aequatoriales oder dergl. Die Kuppel dieses Thürmchens hat einen zu verschliessenden Einschnitt, der

Fig. 144.

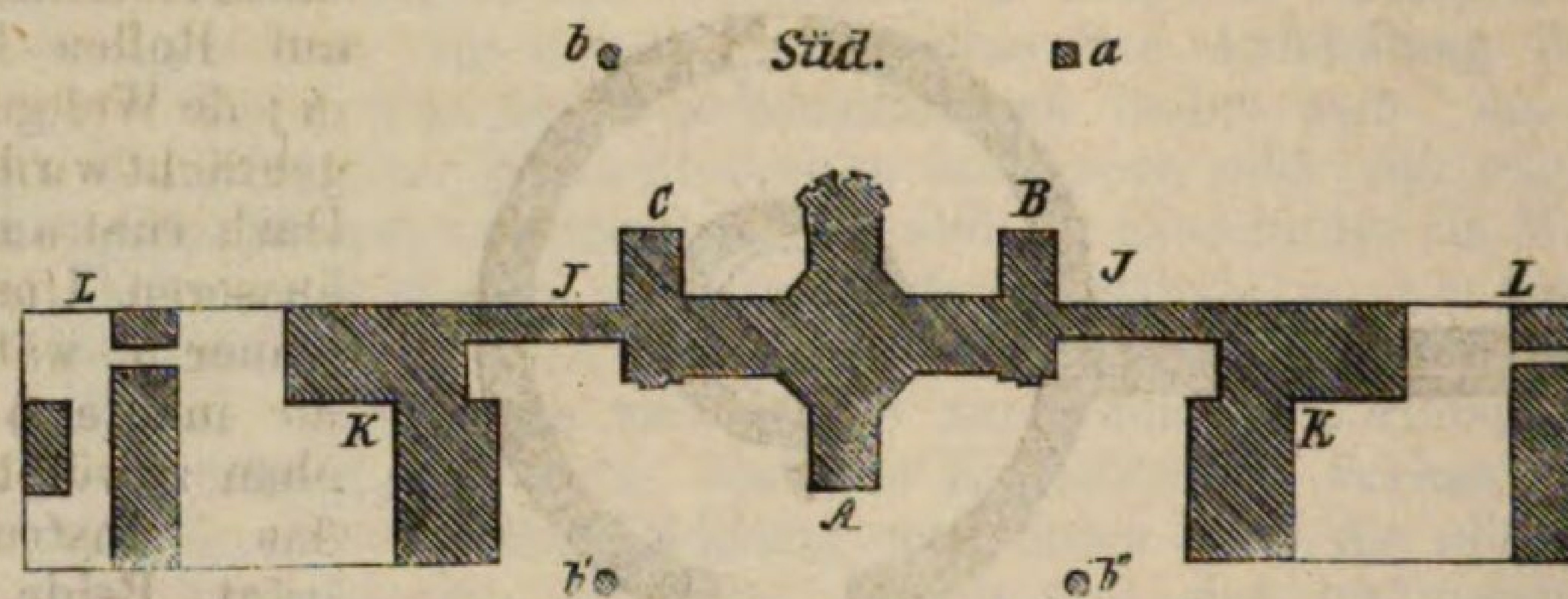


durch die Drehbarkeit der Kuppel auf Rollen leicht in jede Weltgegend gebracht wird. Das Dach ruht auf der äusseren Umfangmauer *g*, während die innere *h* sich oben zuwölbt und das Instrument trägt. Beide Mauern sind wieder in ihren Grundfesten von einander völlig abgesondert, und auch der Fussboden des Thurmes berührt die innere Ringmauer nicht. Als Uhr dient im Thurme ein Chronometer.

Zeigte uns so das Altonaer Observatorium das Unumgängliche an Räumlichkeiten, das eine Sternwarte aufzuweisen haben muss, so wollen wir uns nun zu dem im J. 1839 vollendeten Prachtbau der Sternwarte Pulkowa bei Petersburg wenden, die, ein glänzendes Denkmal der erleuchteten Munificenz von Russlands Monarchen, alles Aehnliche in anderen Staaten an Vollständigkeit und reicher Ausstattung weit hinter sich lässt, zugleich an zweckmässiger Einrichtung und imponirendem Stile, den Leitern des Baues: W. Struve als Astronomen und Brüloff als Architekten zu bleibender Ehre, von keiner solchen Anstalt übertroffen wird.

Auf einem mit üppiger Vegetation bekleideten Hügel, von dessen 38 Toisen über der See sich erhebenden Gipfel man die ganze Umgegend beherrscht, und zu dessen Fuss das 2000 Einwohner zählende Dorf Pulkowa liegt, an der Strasse nach Moskau, etwa 2 ½ d. M. vom Mittelpunkte, 1 ¾ d. M. von den Barrieren der Residenz, endlich 1 d. M. von dem Lustschlosse Zarskoje-Selo, steht das in seinen allgemeinen Umrissen aus Fig. 145 ersichtliche Gebäude in der Mitte eines zur Sternwarte gehörigen Grundstückes von beiläufig 36 österreichischen Jochen. *ABC* ist die eigentliche Sternwarte, *a* ein viereckiges, *b*, *b'*, *b''* drei runde Hülfsobservatorien, jenes mit einem Meridiandurchschnitte, dieses mit Drehdächern versehen, für Uebungen von Schülern; die Korridore *J* führen zu den ein Stockwerk hohen Wohnhäusern *K* der Angestellten, in welchen sich zugleich die mechanische Werkstätte befindet; *L* endlich sind ebenerdige Gebäude, die als Ställe, Waschküchen, Bäder, Eiskeller, Schmieden u. s. w. dienen. Die Ausdehnung des ganzen Baues in der Richtung von West nach Ost beträgt 132 Toisen. Gegen Süden, in welcher Richtung das Terrain weniger rasch abfällt, darf auf eine Ent-

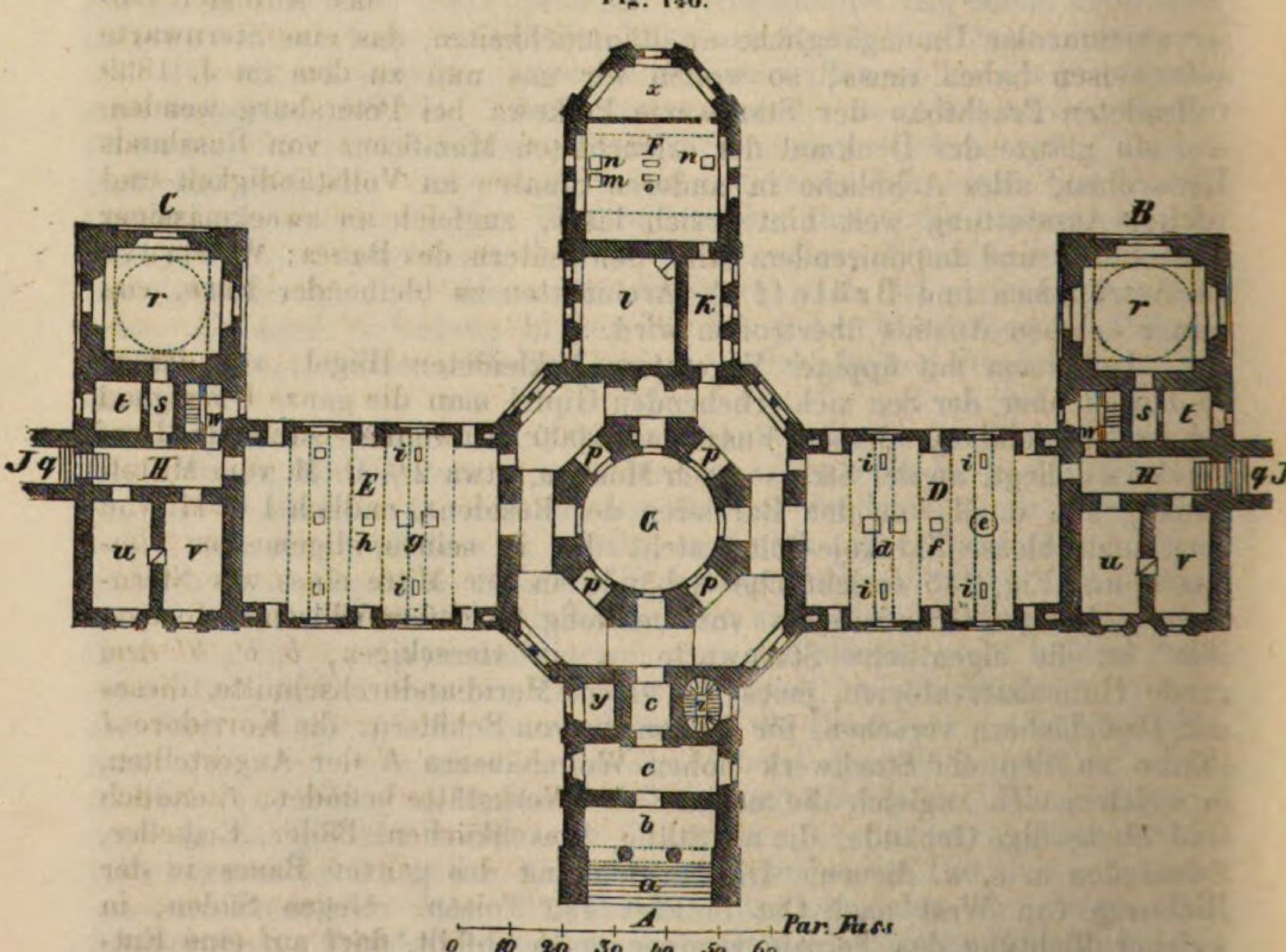
Fig. 145.



fernung von 1/7 d. M. über die Grenzen des zur Sternwarte gehörigen Bodens kein Gebäude ohne vorläufige Zustimmung des Direktors errichtet werden. — Die überall sonst für solche Institute sehr bedenkliche Einsamkeit, welche hier nicht zu vermeiden war, da man sich aus dem sumpfigen Delta der Newa erheben musste, und erst in dieser Entfernung von der Hauptstadt der Boden hierzu hinreichend ansteigt, ist durch die liberalste Sorge für alle Bedürfnisse der Astronomen möglichst unfühlbar gemacht.

Zur näheren Beschreibung der eigentlichen Sternwarte ***ABC*** diene Fig. 146, aus der durch den beigefügten Massstab alle horizontalen

Fig. 146.



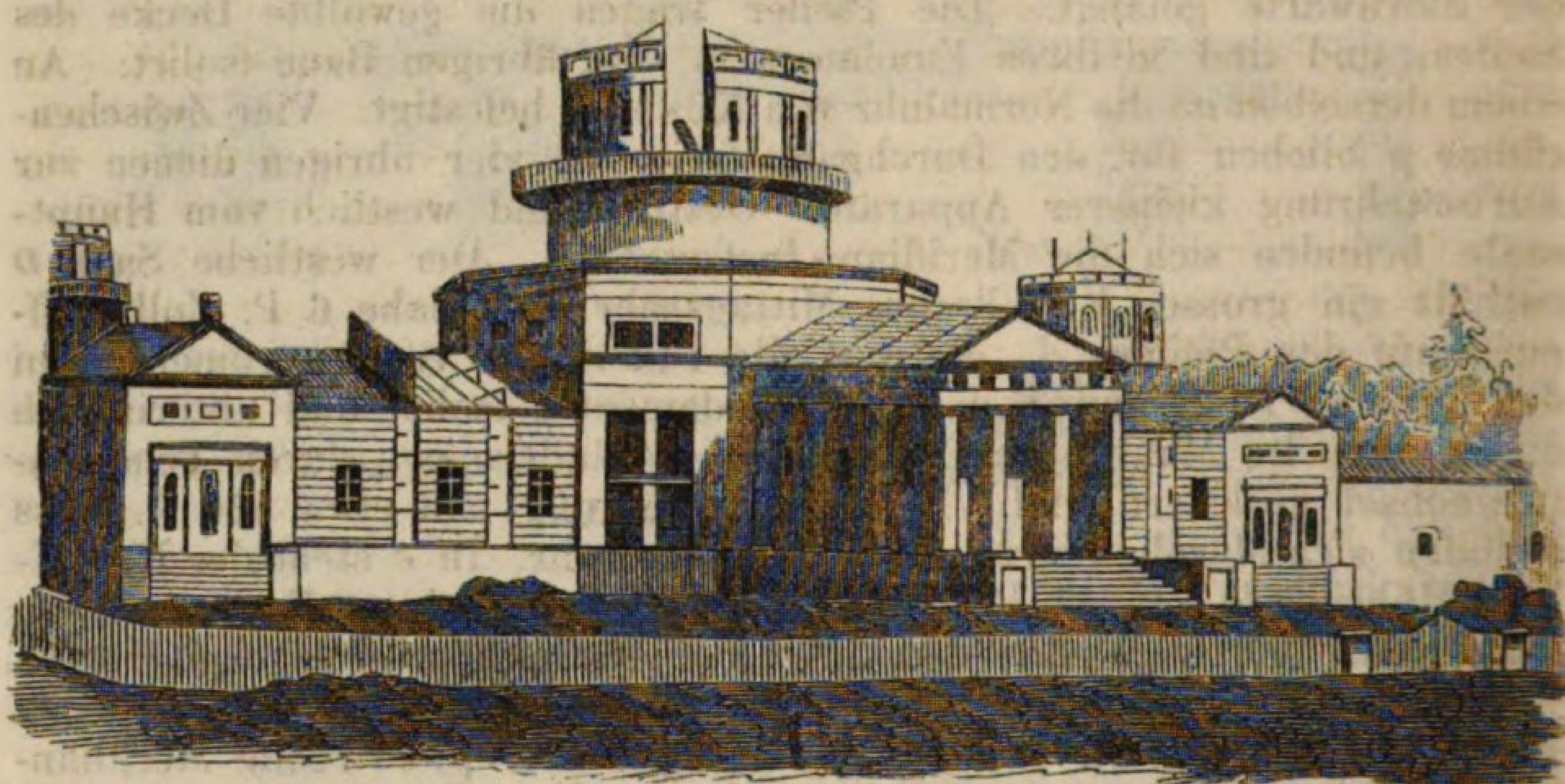
Dimensionen des Erdgeschosses zu ersehen sind. Die Treppe *a* des nach Nord gerichteten Haupteinganges *A* führt durch das Peristyl *b* und die Vestibüle *c* in den runden Hauptsaal *G* der beweglichen Instrumente (Fernröhre aller Art, meteorologische und geodätische Instrumente, Chronometer u. s. w.), der durch acht Pfeiler von einem Octogon getrennt wird, aus welchem man in die übrigen Räume des ebenerdigen Theiles der Sternwarte gelangt. Die Pfeiler tragen die gewölbte Decke des Saales, und sind in ihren Fundamenten vom übrigen Baue isolirt. An einem derselben ist die Normaluhr von Kessels befestigt. Vier Zwischenräume *p* blieben für den Durchgang frei, die vier übrigen dienen zur Aufbewahrung kleinerer Apparate. Oestlich und westlich vom Hauptsaale befinden sich die Meridian-Instrumente. Der westliche Saal *D* enthält ein grosses Ertel'sches Mittagsrohr von nahe 6 P. Zoll Oeffnung auf den Pfeilern *d*, die wie alle Unterlagen von Instrumenten in den Räumen *D*, *E* und *F* in ihren Fundamenten isolirt und unterirdisch durch doppelte Mauern vor plötzlichen Veränderungen durch Temperaturwechsel gesichert sind. In einer Entfernung von etwa 530 P. Fuss befinden sich Meridianmiren für das Mittagsrohr. In *e* steht der Ertel'sche Höhenkreis von 41 P. Zoll Durchmesser mit einem Fernrohre von 5 ½ P. Zoll Oeffnung. Auf dem Pfeiler *f* ist eine Pendeluhr von Hauth befestigt, die vier Pilaster *i* tragen die Kollimatoren. In dem östlichen Flügel *E* befindet sich auf den Pfeilern *g* der Repsold'sche Meridiankreis, dessen Durchmesser 45 Zoll beträgt, und dessen Fernrohr 5 ½ Zoll Oeffnung hat. In *h* steht eine Pendeluhr von Tiede, in *i* sind die Kollimatoren angebracht. Drei weitere Pfeiler in dem Saale *E* dienen zur Aufnahme bald dieses bald jenes zeitweilig im Meridiane anzuwendenden Instrumentes. Im Süden des Saales *G* gelangt man durch den Korridor *K* an der Bibliothek *l* vorüber in das Gemach *F*, das zu Beobachtungen im Ersten Vertikal bestimmt ist, für welche sich hier ein Repsold'sches Passagen-Instrument von 6 Zoll Oeffnung auf den Pfeilern *o*, eine Pendeluhr von Dent in *m*, Kollimatoren in *n* befinden. Der Raum *x*, der sich seiner südlichen Lage wegen sehr erwärmt, ist durch eine Wand vom Beobachtungslokale geschieden. Die Instrumente der Säle *D* und *E* stehen unter kleinen Häuschen, die, wenn nicht beobachtet wird, gegen Staub und Feuchtigkeit schützen, und auf Eisenbahnen ruhen, um leicht zur Seite geschoben zu werden, wenn man von den Instrumenten Gebrauch machen will. Ueber sämmtlichen Instrumenten der Säle *D*, *E*, *F* sind Einschnitte durch das Gebäude geführt, die man durch Klappen nach Belieben öffnen und schliessen kann.

Aus dem östlichen und westlichen Saale gelangt man durch die Vorhäuser *H* über die Treppe *q* in die tiefer liegenden Korridore *J* der Wohnhäuser, ferner in die Räume *r*, *s*, *t*, die auf der westlichen Seite als Arbeitszimmer des Direktors, auf der östlichen zur Aufbewahrung von Apparaten selteneren Gebrauches dienen, endlich in die Wartezimmer *u*, *v* für die bei den Beobachtungen beschäftigten Astronomen. Beim Haupteingange ist ein gewölbtes Gemach *y* für Versuche über Uhren-Kompensation eingerichtet, in welchem man die darin herrschende Temperatur durch Heizung ausserordentlich steigern kann.

Die kreisförmig angeordneten Pfeiler des Saales *G*, so wie die Ringmauern der Räume *r* in den Flügeln *B* und *C* vereinigen sich in Gewölben, welche Drehthürme und die darunter aufgestellten Instrumente

tragen. Die Fussböden der Thürme erheben sich in *G* etwa 6, in *r* etwa 5 Toisen über dem Fussboden des Erdgeschosses. In diese Räume führen die Treppen *w*, *z*. Eine perspektivische Ansicht der eigentlichen Sternwarte in Fig. 147 lässt die Gestalt und Anordnung dieser Thürme

Fig. 147.



im Allgemeinen erkennen. Es drehen sich hier auf Eisenbahnen durch Kurbelwerke nicht die Kuppeln, sondern die ganzen Häuschen, welche über den Gallerien der Thürme stehen. Die Mauern der Gemächer *u*, *v* so wie des achteckigen Raumes, der den Saal *G* umgibt, setzen sich zu einem Halbstockwerke fort, das zur Wohnung für fremde Astronomen, Erweiterung der Bibliothek u. dgl. dient, und überdies Wartzimmer für die in den Thürmen Beschäftigten enthält. In dem mittleren, grössten Thurme befindet sich der 14 P. Zoll Oeffnung und 21 Fuss Brennweite haltende riesige Refraktor von Merz und Mahler, parallaktisch montirt mit Uhrwerk auf granitenem Piedestal, daneben eine Pendeluhr von Hauth. Im östlichen Thurme steht das Heliometer von 7 Zoll Oeffnung, ebenfalls aus der Werkstätte von Merz und Mahler, und parallaktisch montirt mit Uhrwerk auf granitenem Piedestal. Für den westlichen Thurm war ein Plössl'scher Refraktor von 6 Zoll Oeffnung bestimmt, wurde aber später, da eine mehrjährige Krankheit unseren berühmten Künstler an der Arbeit hinderte, abbestellt.

Sowohl die mit Blech gedeckten Flügel *D*, *E*, *F*, als die eigentlichen, mit getheerter Leinwand überzogenen Thürme sind aus Rücksichten der Temperatur und Feuchtigkeit aus Holz gebaut und ebenso gedielt, eine Einrichtung, die in dem Petersburger Klima nothwendig, und bei den Kräften, die der Anstalt auch zur nächtlichen Bewachung des Gebäudes verfügbar sind, hier die sonst zu fürchtende Feuersgefahr nicht hat. Sämmtliche Räume der Sternwarte sind für besondere Fälle, wenn z. B. im Winter Reparaturen an den Instrumenten auszuführen wären, heizbar durch Oefen, die sich in den Souterrains befinden, und die erwärmte Luft in dem ganzen Gebäude durch Kanäle verbreiten können, ohne die Schornsteine in eine schädliche Nähe des Observatoriums zu bringen.

An kleineren Instrumenten sind vorhanden: ein Ertel'sches Mittagsrohr von 3 Zoll Oeffnung, zwei transportable Passagen-Instrumente von Repsold mit nahe 3 Zoll Oeffnung, ein anderes von Ertel mit 2 Zoll Oeffnung, ein transportables Passagen-Instrument mit Höhen- und Azimuthalkreis von Repsold mit 2 Zoll, ein eben solches und ein kleineres von 1.7 Zoll Oeffnung von Ertel, zwei grosse Universal-Instrumente von Ertel mit gebrochenem Fernrohre von 1.7 Oeffnung, ein kleineres aus derselben Werkstätte von 0.9 Zoll Oeffnung, zwei Theodoliten von Ertel, ein Spiegelsextant, ein Prismenkreis nach Steinheil, ein Münchner Fernrohr von 3.5 Zoll Oeffnung, ein dialytisches von Plössl von 2 Zoll Oeffnung, ein gleich grosses Fernrohr aus München, zwei parallaktisch montirte Kometensucher mit 3½ Zoll Oeffnung aus München und von Plössl, Normalbarometer, mehrere Grundmasse, ein Apparat zur Messung geodätischer Grundlinien, Mikroskope verschiedener Form, sieben Chronometer von Kessels, Hauth und Dent etc.

Die Bibliothek endlich enthielt schon zu Ende des Jahres 1858 nicht weniger als 18890 Nummern.

Obschon Grund und Boden, als ehemals zu einer kaiserlichen Domaine gehörend, ein grossmüthiges Geschenk des Hofes war, kostete doch der Bau und die Einrichtung der Sternwarte zu Pulkowa nahe eine Million Gulden österreich. Währung. Das jährliche Budget beträgt beiläufig 18000 Gulden, wovon etwa 6000 Gulden für besondere wissenschaftliche Zwecke bestimmt sind, das Uebrige auf Besoldungen, Unterhaltung der Gebäude u. s. w. zu rechnen ist. Im J. 1844 waren an der Sternwarte angestellt: ein Direktor, vier Adjunkten in ordentlichem, drei Astronomen in ausserordentlichem Dienste; ein Inspektor, ein Mechaniker mit sechs, ein Tischler mit vier Arbeitern, acht Diener. Ueberdiess waren drei fremde Astronomen an der Anstalt beschäftigt. Die Anzahl sämmtlicher Bewohner betrug 103.

Die bisherigen Erfolge dieses grossartigen Institutes, mit dessen überreicher Ausrüstung sich nur die prachtvollen wissenschaftlichen Anstalten vergleichen lassen, welche von den kunstsinnigen Fürsten der Araber im Mittelalter gegründet wurden, stehen in vollkommenem Verhältnisse zu den gebrachten Opfern. Eine Reihe von trefflichen Arbeiten über die Eigenbewegung des Sonnensystems, über die Neptunsmasse, über den Saturnring, über die Parallaxen mehrerer Fixsterne, wichtige und umfassende Beiträge zur Geographie von Russland, Kaukasien, der Türkei, Persien und Kleinasien, Untersuchungen über den Höhenunterschied des schwarzen und kaspischen Meeres, neue Bestimmungen der Präcession, Nutation und Aberration so wie der Refraction, Feststellung des Längenunterschiedes zwischen Pulkowa und Greenwich, Altona, Moskau, Warschau u. s. w., Messung eines Meridianbogens von 25 Graden zwischen Fuglenaes bei Hammerfest in Norwegen und Ismail an der Donaumündung, Vergleichung der französischen und englischen mit den russischen und österreichischen Längen-Einheiten, Revision des ganzen Himmels in Bezug auf die Anzahl und beiläufige Position aller Sterne der 1. bis 7. Grösse, Fundamental-Kataloge und Messungen von mehreren Tausend Doppelsternen, die Entdeckung von 514 bisher ungekannten Gestirnen dieser Art, und zahlreiche andere, von den Astronomen zu Pulkowa ausgegangene Leistungen, die sämmtlich wahre Grundlagen

der Wissenschaft bilden, geben Zeugniss, dass die erstaunlichen, hier vorhandenen Mittel auch ihrer würdige Verwendung fanden.

§. 67. (Nutzen der Astronomie.) Wir haben so eben an einem glänzenden Beispiele die Hülfsmittel kennen gelernt, deren der Astronom zur Ausübung seines Faches bedarf. Keine andere Wissenschaft erfordert einen so kostspieligen Apparat, keine ist in gleichem Masse abhängig von materieller Unterstützung. Die staunenswerthen Fortschritte, deren sich die Sternkunde rühmt, verdankt sie desshalb hauptsächsich der Liberalität, mit der sie zu allen Jahrhunderten — nicht etwa bloss in der Vorzeit, wo der Astronom als Astrolog sich geltend machen konnte, sondern auch in unseren, wegen ihrer utilitarischen Richtung so verrufenen Tagen — gepflegt wurde. Um nur von Sternwarten zu sprechen, die genaue und allseitige Leistungen zulassen, und Staats-Anstalten sind, so hat Russland ausser der Hauptsternwarte in Pulkowa trefflich ausgerüstete Observatorien in Dorpat, Kasan, Helsingfors, Nikolajew, Moskau, Kiew, Warschau; Preussen allein gründete in den letzten Jahrzehnden drei neue Sternwarten: zu Berlin, Königsberg und Bonn in grossartigem Massstabe; in Hamburg, Athen, Neapel, Göttingen, Gotha, Leipzig, München, Genf, Brüssel, Leiden wurden Anstalten dieser Art errichtet, die allen heutigen Anforderungen der Wissenschaft entsprechen. Spanien sorgte in Madrid und Cadix, Portugal in Lissabon durch reich dotirte Observatorien für die Pflege der Astronomie; Frankreich hat Millionen auf die Sternwarte in Paris und deren zeitgemässe Umgestaltung verwendet, so wie vor kurzem ein neues Observatorium in Toulouse gegründet; Schweden und Norwegen zählen solche zum Theil herrliche Institute zu Stockholm, Christiania, Upsala und Lund; England hat ähnliche mit grossem Aufwande unterhaltene Anstalten zu Greenwich, Edinburg, Dublin, Oxford, Cambridge, Capstadt, Madras; die Vereinigten Staaten von Nordamerika errichteten prächtige Sternwarten zu Washington, Cambridge, Albany, Ann-Arbor; Chili gründete in St. Jago ein schönes Institut dieser Art u. s. w.

Was bewog nun alle diese Regierungen, deren viele nur geringe Mittel aufzuwenden haben, zu jenen grossen Ausgaben? Wenn viele Privatleute eben nur aus Liebe zu dem schönen Fache Kosten und Mühe zum Opfer brachten, so durften Regierungen von blosser Begeisterung sich nicht hinreissen lassen, und mussten auf sicheren Entgelt rechnen können, den die Thätigkeit der neuen Anstalten dem Lande wieder bringen würde. Es scheint uns nicht unangemessen, wenn wir unseren Leser, bevor wir von ihm scheiden, in den Stand setzen, auf jene Frage mit Bestimmtheit zu antworten.

Da haben wir denn vor allem in Erinnerung zu bringen, dass überall, wo es auf Zeitmass ankommt, die Astronomie unsere grosse Lehrerin ist; einst, wo wir nur Sonnen-Uhren hatten, musste die Verbindung Jedermann auffallen, in welcher die Zeit, dieses bei jedem Geschäfte in Frage kommende Element, mit dem Himmel steht; jezt, wo mechanische Uhren uns der Mühe, die Gestirne unmittelbar zu befragen, beinahe entheben, vergisst ausser dem Astronomen nur allenfalls der Uhrmacher nicht, dass diese Gestirne allein in letzter Instanz über die Güte jener Vorrichtungen entscheiden. Aber nicht bloss, wo es sich um Stunden handelt, kommen die Gestirne in's Spiel; sie regeln eben so, und lassen allein mit Sicherheit erkennen den Ablauf von Tagen,

Monaten, Jahren, Jahrhunderten und Jahrtausenden; das grosse Gebiet der Chronologie, die Basis der Geschichte, gehört ganz und ausschliessend der Astronomie an.

Eben so stehen und fallen mit der Astronomie alle unsere geographischen Kenntnisse, mag es sich nun um die allgemeine Uebersicht des Erdkörpers, um seine Grösse, Dichtigkeit, Gestalt, Jahreszeiten u. s. w., oder um specielle Aufnahme einzelner Länder handeln; die Astronomie bildet, wie den Anfang, so auch den Schlussstein aller geodätischen Vermessungen. Wir hätten ohne Astronomie keine Landkarten, und wären, wie in der Vorzeit, immer noch auf die Kenntniss unserer nächsten Umgebung beschränkt. Die Vereinigten Staaten haben in Nordamerika, England hat in Ostindien von der ersten Eroberung an bis auf die heutigen Tage rastlos für astronomisch-geographische Vermessungen Sorge getragen, Russland bringt demselben Zwecke alljährlich grosse Opfer — weil jene aufgeklärten Regierungen wohl wissen, dass ohne diese Vermessungen keine Markung, keine Landstrassen, keine Vertheidigung, keine Kriegszüge möglich. In der That kann man ein Territorium erst dann als sicheres Besitzthum betrachten, wenn es auf die Karte gebracht ist. Wo wäre auch unsere Statistik ohne Geographie, und wo wieder alle anderen Staatswissenschaften ohne Statistik?

Jede Reise in unbekannte Länder, wenn sie mit Aussicht auf Erfolg angestellt werden soll, kann des Astronomen nicht entbehren, und die Wüste des Oceans, wenn auch täglich tausendfach von Schiffen durchfurcht, hat keine andern Marksteine als die ewigen, allenthalben über uns thronenden Gestirne. Die Phönizier, des Alterthums kühnste Seefahrer, warum kamen sie kaum über die Grenzen des Mittelmeeres hinaus? weil Mangel an astronomischen Kenntnissen sie zu ängstlichen Küstenfahrten zwang, während der heutige Nautiker vertrauensvoll die hohe See suchen, Klippen und Umwege zugleich vermeiden, und keine Entfernung mehr scheuen darf. Was aber wären ohne diese heutige Schifffahrt Handel und Industrie? die einzelnen Welttheile würden, wie ehedem, getrennt von einander dastehen, und alles grossartige Zusammenwirken der gesammten Menschheit, es wäre durchaus unmöglich.

Das Erhaltungsprincip der Natur begegnet uns zwar überall in dem unermesslichen Gebiete der Schöpfung, aber mit mathematischer Evidenz und im Grossen hat es nur die Astronomie nachgewiesen, indem sie uns lehrte, dass die Erde sowohl als das Weltsystem überhaupt die Bürgschaft ihrer Stabilität in sich selbst tragen. — Die Astronomie befreite uns von den Schrecknissen des Aberglaubens, mit welchen unsere Voreltern die Gestirne betrachteten, und zeigte uns, dass die Himmelserscheinungen ganz wie die uns zunächst umgebende Aussenwelt an unabänderliche Gesetze gebunden, dass sie nicht Attribute und Aussprüche der Gottheit seien. Der geistige Anblick des Himmels, wie gereifte Astronomie ihn uns zeigt, mag weniger poetisch sein, als es die Anschauung früherer Bewohner unseres Planeten war, die mit dem dunklen Gefühle einer kaum geahnten Unendlichkeit vor den geschlossenen Thoren des Universums standen, und deren stolze Phantasie aus der Unzahl von Welten, die sie umgaben, für s i c h ein prächtiges Zelt erbaute, während w i r durch die Gestirne nur an unseres Wohnortes verschwindende Nichtigkeit gemahnt werden — die heutige Kennt-

niss des Firmamentes mag prosaischer sein, unsere jetzigen Ansichten über das Weltall und die Natur überhaupt aber haben damit weit sicherere Basis.

Sollen wir nun noch sagen, was die andern Naturwissenschaften der Astronomie unmittelbar zu danken haben? sollen wir unsern Lesern in's Gedächtniss rufen, dass die Meteorologie auf astronomischem Boden entstand, und dass eben unser Jahrhundert den Einfluss zu begreifen anfängt, welchen die Witterungslehre und die ihr so eng verschwisterte Klimatologie auf Landwirthschaft im weitesten Sinne des Wortes nimmt? Es genügt wohl eben so die Worte: Mechanik, Geologie, Magnetismus, Optik nur zu nennen, um an die unzähligen Berührungspunkte zu erinnern, welche die Astronomie mit den übrigen physikalischen Wissenschaften gemein hat, oder besser, um uns klar vor Augen zu führen, was nur eben der viel und mit Recht gepriesene Hebel unserer heutigen Kultur, die Theilung der Arbeit, unserem Blicke entrückt hat: Physik und Astronomie sind bloss verschiedene Zweige am selben Baume der Erkenntniss. Einst, wo jeder Gelehrte alle Doctrinen zu umfassen hatte, fiel es niemanden ein, nach dem Zwecke dieser oder jener seiner verschiedenen Beschäftigungen zu fragen, es hätte an dem Nutzen aller Wissenschaften überhaupt zweifeln geheissen, als deren gemeinschaftlicher Vertreter damals eben jeder Gelehrte galt. Erst jetzt, wo die menschliche Gesellschaft nach und nach ihre vollständige Gliederung erhält, werden einzelne ihrer Mitglieder so speciell beschäftigt, dass man bei Leuten, denen es eben an der Uebersicht fehlt, die Frage nach dem Nutzen dieser oder jener Thätigkeit natürlich finden muss.

So gross aber auch der bisher besprochene unmittelbare Nutzen der Astronomie ist, er wird von dem mittelbaren Einflusse dieser Wissenschaft bei weitem übertroffen. Unsere heutige Civilisation, niemand zweifelt daran, beruht auf den bewundernswürdigen Fortschritten, die wir seit dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts in den Naturwissenschaften machten; hier liegt die Stärke, mit der allein wir den kunstsinnigen Alten gegenüber uns behaupten können, denn die übrigen menschlichen Doktrinen sind in einem unerfreulichen *Status quo* geblieben. Und diese Naturwissenschaften, wer gab ihnen die Richtung, durch die sie auf diese Höhe gelangten? — Der Samen richtiger Forschung, mit welchem der grosse Regenerator Baco de Verulam die ersten Keime der eigentlichen Naturphilosophie pflanzte, fand zuerst auf astronomischem Felde fruchtbaren Boden; Newton's Riesengeist und die Arbeiten seiner Schüler und Zeitgenossen: Halley, Hook, Leibnitz u. a. führten Baco's Ideen in das wissenschaftliche Leben ein. Wie schon Jahrtausende vorher in der Alexandrinischen Schule die Mutter der mathematischen Wissenschaften, die Geometrie, in der Sternkunde ihre erste Anwendung fand, so ward auch jetzt die Astronomie die Führerin bei dem Einschlagen neuer Untersuchungsmethoden und der Einführung mathematischer Begründung, als der einzigen untrüglichen Grundlage künftiger Forschungen. Aber wie kein wichtiger Fortschritt in irgend einem Zweige menschlicher Erkenntniss geschehen kann, ohne auch andere zu fördern, so wurde auch die Mathematik von der Astronomie nicht bloss als Hülfsmittel gebraucht, sondern eigentlich erst zu selbstständiger Bedeutung erhoben. In der That ist die Mathematik an sich

eine abstrakte Wissenschaft, würde ohne das lebendige Substrat, das ihr in grossem Stile zuerst von der Astronomie geboten wurde, sich bald in gehaltlose Subtilitäten verloren haben, und so sehen wir in der Geschichte der Mathematik fast keinen bedeutenden Fortschritt, der sich nicht an den Namen irgend eines berühmten Astronomen knüpfte; die Grossartigkeit der Phänomene des Himmels und ihre Unabhängkeit von überall sonst störenden Einflüssen: Reibung, Widerstand der Luft, Wärme u. s. w., welche den Blick des Naturforschers bei Untersuchung irdischer Erscheinungen verwirren, führte Laplace, Gauss, Lagrange, Legendre, Euler und andere Heroen der Mathematik zur Sternkunde, und liess sie grösstentheils zunächst für astronomische Zwecke mathematische Entdeckungen machen, die erst nach langjährigem Bestehen auch in andern Naturwissenschaften Anwendung zu finden anfingen. Während die Astronomie so das mächtigste Werkzeug geregelter Erforschung der Natur in's Leben rief und vervollkommte, zeigte sie zugleich den Gebrauch desselben, lehrte uns rechnen, in höherer Bedeutung des Wortes, mit immer klarem Bewusstsein des verfolgten Zieles, und gab uns damit den einzigen sichern Prüfstein neuer Hypothesen.

Es ist desshalb ein grosser, aber leider nur zu häufig begangener Irrthum, wenn man die Astronomie in das Gebiet eitler Spekulationen verweist; wenn sie keinen andern Nutzen hätte, als, wie wir eben sahen, die Veranlasserin mathematischer Begründungen und Ausbilderin der Mathematik zu sein, so verdiente sie schon jenen Vorwurf nicht mehr. Wo wären ohne jene mathematische Begründung die Lehre von der Reibung, von der Spannkraft der Dünste, vom Drucke der atmosphärischen Luft, von der schiefen Ebene u. s. w., und wo wieder ohne diese Lehre unsere Eisenbahnen, unsere Dampfmaschinen, unsere Strassen, unsere Bauwerke aller Art? auch diese Lehren schienen einst leere Zeitvertreibe des Gelehrten, und wer könnte jetzt die Grenzen des unabsehbaren Gebietes stecken, auf dem sie als Wohlthäter der Menschheit zu wirken bestimmt sind?

In derselben Weise, wie die Astronomie auf mathematischem Gebiete befruchtend wirkte, waren es auch zunächst ihre Anforderungen, die den Mechaniker und Optiker auf die hohe Stufe brachten, deren sie sich jetzt erfreuen. Das klar und bestimmt ausgesprochene Bedürfniss der Wissenschaft liess einen Ramsden, Dollond, Arnold, Breguet, Herschel, Reichenbach, Fraunhofer nicht ruhen, bis die Erzeugnisse ihrer Hand die dem Astronomen nöthige Vollkommenheit erreicht hatten, und was jene genialen Künstler so gelernt und gelehrt hatten, wurde dann erst in's praktische Leben verpflanzt. Wo wären unsere Maschinen, wenn den Mechaniker nicht astronomische Instrumente mit der früher kaum geahnten Vollendung bekannt gemacht hätten, deren seine Arbeiten fähig sind? wo wären unsere Uhren, wenn die Herstellung astronomischer Werkzeuge dieser Art nicht auch diesen Bestrebungen Schwung und Ziel gegeben hätte? wo endlich unsere Fernröhre und alle damit verwandten Vorrichtungen, hätte der Astronom dem Optiker nicht die Himmelsräume als eigentlichen Schauplatz angewiesen?

Noch fühlen wir uns bemüssiget, auf eine Aeusserung zu erwiedern, die uns zu oft begegnet, als dass wir sie hier mit Stillschweigen über-

gehen könnten. Man gibt häufig zu, dass die Sternkunde mannigfaltigen Nutzen gestiftet habe, findet aber nun, wo alle durch diese Wissenschaft gebrachten Vortheile bereits erkämpft und gewonnen seien, wenigstens ihre weitere Ausbildung nahezu überflüssig. Allein, wer kann ernstlich behaupten, dass kein wesentlicher Fortschritt weiter möglich? wenn nur eben die letzten Jahrzehnte ganze grosse Abtheilungen der Wissenschaft völlig umgestaltet haben, kann wohl der allerdings bequeme Glaube nicht Platz greifen, dass wir bereits auf der grössten Höhe unserer Kenntnisse, auf dem Punkte des Stillstandes angekommen sind. Man vergleiche die astronomischen Ephemeriden vor 1830, die geographischen Bestimmungen, die Ansichten über die Gestalt der Erde, die Beobachtungen im Allgemeinen, die Bestimmungen von Kometenbahnen in jener noch ganz nahen Vergangenheit mit den heutigen Zuständen dieser Fächer, man bedenke, dass wir heute über achtmal mehr Planeten und über dreimal mehr periodische Kometen kennen, als vor kaum zwanzig Jahren, und man wird sich die Frage erspraren, ob hier noch weitere Vervollkommnung denkbar. Diese schrankenlose Erweiterung seiner Ausbildung eben ist es, die den Menschen schon auf Erden an der Unendlichkeit betheiligt. Jene Erweiterung aber ist nicht bloss eine innere, dem eigentlichen Gebiete der Wissenschaft angehörige, sie spricht sich auch nach aussen durch immer grössere Verbreitung der Lehren aus. Im vorigen Jahrhunderte konnte nur allenfalls ein Bradley Beobachtungen liefern, die heute noch nichts zu wünschen übrig lassen; diese Genauigkeit ist jetzt ein Gemeingut fast aller Astronomen geworden. Wenn die Astronomie auch bei ihrem Entstehen die auffallendsten Fortschritte machte, so sind die neueren oft minder überraschenden darum nicht von geringerer Bedeutung. Der Astronom würde, wie jeder Naturforscher, der nicht immer frische Keime der Erkenntniss vom Boden der Natur pflückt, bald erschlaffen, wenn er bloss gläubig annehmen sollte, was seine Vorfahren gesehen; die Wissenschaft würde bald erlöschen, wenn nicht jederzeit alle ihre Triebe von dem belebenden Impulse der Forschung mit geistigem Nahrungsstoffe versorgt würden, und mit der Wissenschaft verfiele der wohlthätige Einfluss, den sie noch übt und den sie fort und fort üben soll.

Zum Schlusse dieser Betrachtungen sprechen wir den Wunsch aus, dass man endlich aufhören möge, nach dem Nutzen dieser oder jener Wissenschaft zu fragen. Wissenschaft ist Wahrheit und Wahrheit das Licht des Geistes. — Gingen nicht in der ganzen Geschichte des Menschengeschlechtes Blüthe und Bildung eines Volkes immer Hand in Hand? sehen wir nicht jedes Land, das den Musen keine Freistätte bietet, dem Verfalle rasch entgegen gehen? was gab den kleinen Scharen, die Europa entsandte, um ganze Welttheile zu unterjochen, die zur Lösung solcher Riesenaufgaben nöthige Ueberlegenheit? wer siegte häufiger, die rohe, ungeregelte Ueberzahl oder eine wohlgeführte Handvoll begeisterter Krieger? Führung aber und Begeisterung, sind sie ohne Bildung denkbar? wenn zuweilen civilisirte Nationen wilden Schwärmen unterlagen, so waren jene immer schon über ihre eigentliche Blüthezeit hinaus, Ueppigkeit und Entnervung waren an die Stelle eigentlicher Kultur getreten, und doch fügten sich stets früher oder später die siegenden Barbaren der geistigen Ueberlegenheit des geknechteten Volkes, ver-

schmolzen sich mit ihm, und nahmen seine Sitten und Gebräuche an. — Warum thut man dieselbe Frage nach dem Nutzen nie bei Musik, Malerei und den andern schönen Künsten? weil unsere Erziehung die Mehrzahl von uns befähiget, an den geistigen Genüssen, die sie bieten, uns zu erfreuen, weil mit andern Worten in den meisten von uns der Sinn dafür von Jugend auf geweckt wurde. Sorgte unsere Erziehung in gleicher Weise für die Liebe zu den Wissenschaften, so würden die wenigen, die dann noch kein Gefühl für den weit geistigeren und höheren Genuss hätten, den uns das Studium derselben verschafft, sich bald schämen, es zu gestehen, wie diess schon jetzt bei Kunstleistungen der Fall ist, für die jeder, wenn sie auch unempfunden an ihm vorüber ziehen, wenigstens aus Klugheit Interesse heuchelt. Was man im gemeinen Leben Nutzen nennt, trifft man bei den Künsten in geringerem Masse, als bei der abstrusesten wissenschaftlichen Untersuchung. Aber beide erfrischen, kräftigen und bilden den Geist, und soll man nach solchem Erfolge, dem höchsten, den es gibt, noch nach anderem, materiellen Nutzen fragen? Und doch dürfen die Wissenschaften, wie wir eben beispielweise von der Astronomie sahen, auch diese Frage nicht scheuen. In der That ist der Wirkungskreis jeder Wissenschaft ein so unbegrenzter, dass eine erschöpfende Darstellung desselben die Kräfte auch des tiefsten Kenners weit übersteigt. Wenn einer der grössten Weltweisen des Alterthums behauptet, es gebe nichts Absurdes, das nicht irgend ein Philosoph schon vorgebracht habe, so könnte man hinwieder sagen, dass keine wissenschaftliche Wahrheit so abstract sei, dass sie gehörig begriffen und verwandt, nicht im Laufe der Zeiten auch im Leben reiche Früchte bringen könnte. Aber freilich, wer nur die Früchte sucht, und sich um die Pflege des Baumes, der sie trägt, nicht kümmert, für den gibt es auch keine hoffnungsvolle Blüthe; er kennt das erhebende Gefühl des Gärtners nicht, der seine Schutzbefohlenen rüstig sprossen sieht; er hat nur verzehren gelernt, was ihm reif und fertig geboten wird.

§. 68. (Wichtigkeit des astronomischen Liebhaberthumes.) Wir haben an einem anderen Orte (Almanach der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien für 1859) den wohlthätigen Einfluss umständlicher nachgewiesen, den völlig freiwillige und unabhängige Pfleger der Astronomie, die in dem Fache eben nur eine Lieblingsbeschäftigung suchten, durch ihre eigenen und die Arbeiten ihrer Gehülfen auf die Entwicklung dieser Wissenschaft genommen haben. Gegenüber dem vorliegenden Werke dürfen wir nur Namen, wie: H. Cavendish, F. Baily, J. Hevel, Schröter, Beer, Warren de la Rue, Joh. und Dav. Fabricius, Schwabe, R. Carrington, William, John und Caroline Herschel, Horrox, Olbers, Bishop, Hencke, Goldschmidt, Hind, Palitzsch, Galloway, Biela, Dawes, Baxendell, Rosse, W. Gascoigne, Lassell und so viele andere anführen, die sämmtlich Volontären der Wissenschaft gehören und mit denen, wie wir aus Obigem wissen, die Erinnerung an wichtige Fortschritte der Astronomie unzertrennlich verbunden ist, um sofort dem Leser klar zu machen, dass man ohne den Beistand des Liebhaberthumes in diesem Fache um Jahrhunderte zurückgesetzt wäre. Wir sagen in diesem Fache, denn wir sind der hoffentlich nicht irrigen Meinung, dass keine andere Natur-

wissenschaft sich solcher ergiebigen Unterstützung durch freiwillige Arbeiter erfreut. Wir wollen damit keineswegs zu einer Schilderung der oft besprochenen Erhabenheit des Gegenstandes ausholen, mit welchem die Himmelskunde sich befasst; denn diejenigen, die in astronomischen Beschäftigungen nur das Vergnügen suchen, sich an der Schönheit einer sternhellen Nacht zu weiden, sind nicht die Männer, denen die Wissenschaft ein dankbares Andenken weiht; nur die mühevolle Vertiefung in Einzelnheiten nützt, bringt Ruhm und Ehre, im Detail aber ist die Natur nach jeder Richtung bewunderungswürdig und fesselt überall den sie Verstehenden. Ovid's schöne Worte:

> Os homini sublime dedit, coelumque tueri
> Jussit, et erectos ad sidera tollere vultus

haben ihren bildlichen Sinn nahezu verloren, seit das Mikroskop uns die Wunder der Schöpfung so gut erschliesst, wie das Fernrohr. Wir finden vielmehr die Ursache der Erfolge des Liebhaberthumes der Astronomie zunächst in der Zugänglichkeit dieser Wissenschaft. Welche andere Doctrin kann sich einer gleichen Anzahl trefflicher populärer Schriften rühmen? von Fontenelle, Lambert und Laplace bis auf unsere Tage bilden dieselben nachgerade eine selbständige Literatur, und es würde schwer halten, irgend einen bekannteren Namen unter den Astronomen des eben abgelaufenen Jahrhunderts anzuführen, der sich in dieser Richtung nicht auch versucht hat. Diese Häufigkeit solcher nichts weniger als leichten, gemeinfasslichen Darstellungen rührt nicht etwa von einer besonderen Liebenswürdigkeit der Astronomen her; die Männer des Berufes sind überall geneigt, der innungsstolzen und bequemen Maxime: »arcere vulgus« zu huldigen und dieselbe so zu deuten, dass im Allgemeinen eben nur, wer zur Gilde gehört, zu den ihrigen zählt. Es ist hier die Wesenheit des Faches, welche den Gelehrten gestattet und eben desshalb sie zwingt, aus ihrer Studirstube herauszutreten und den Kern der Wahrheiten, die sie oder Andere gefunden, möglichst entkleidet vom Nimbus der Kunstsprache, dem Laien mitzutheilen; ihren Absperrungsgelüsten fröhnen, hiesse sich der schönsten Vorrechte ihrer Wissenschaft begeben, das dieselbe zu einem Hebel höherer Bildung macht, das ihrer Förderung Hunderte von helfenden Händen gewinnt. Solchen, jedem Gebildeten verständlichen Behandlungen fügen sich nämlich bloss jene Wissenschaften, die sich eines obersten Grundsatzes erfreuen, und daher in ihrem eigentlichen Gerippe eben nur eine ununterbrochene Kette von Schlüssen bilden. Die Astronomie rühmt sich dieser Beschaffenheit seit Jahrhunderten; dadurch hat sie in jeder Beziehung so grossen Vorsprung vor den anderen Naturwissenschaften gewonnen, die neuester Zeit in demselben Masse ähnliches Streben nach gemeinfasslichen Darstellungen zu äussern beginnen, in welchem sie der Periode des Mystischen oder der blossen Anhäufung von Thatsachen sich entwinden. Derselben Richtung des Popularisirens begegnen wir in anderer Weise auf streng wissenschaftlichem Gebiete: der Astronom hat so viele mechanische Operationen im Rechnen wie im Beobachten auszuführen, bevor er zu Resultaten gelangt, dass er von jeher darauf bedacht war, durch Kunstgriffe aller Art jene Vorarbeiten abzukürzen; er hat überdiess für Praktiker im eigentlichen Sinne des Wortes: für

den Nautiker, den Feldmesser, den Geographen zu sorgen, die sich nicht damit begnügen, wenn man ihrer Wirksamkeit überhaupt neue Wege zeigt; dieselben müssen so bequem als möglich sein, sollen sie überhaupt beschritten werden. So kommt es, dass an sich sehr verwickelte Arbeiten in einer Weise vereinfacht werden, die nichts zu wünschen übrig lässt, dass Instrumente zum Gebrauche einladende Formen annehmen, auch den weniger Bemittelten erreichbar werden. Unsere Methoden, unsere Ephemeriden und Tafeln führen die meisten Aufgaben auf elementare arithmetische Verfahren zurück. Eine heitere Stunde gibt heute die geographische Lage eines Ortes mit grösserer Präcision als früher Monate lang fortgesetzte Beobachtungen. An die Stelle der unbehülflichen astronomischen Werkzeuge, die z. B. noch Karstens Niebuhr auf Kameelen fortschaffen musste, sind kleine, den Reisenden kaum beirrende Instrumente getreten, ohne der Genauigkeit irgend Eintrag zu thun, ja mit bedeutendem Gewinne für dieselbe. Die Errichtung einer Sternwarte fordert nicht mehr wie ehemals nothwendigerweise einen dem Einzelnen nur selten möglichen Aufwand, die Anstalt ist also auch nicht mehr an die Scholle gebunden, wo sie eben entstand: als Lassell von Starfield bei Liverpool durch den Kohlendampf vertrieben wurde, wanderte er mit seinem Observatorium zwei Meilen weiter nach Broadstones; Dawes wohnte zuerst in Ormskirk, dann zu Cranbrook, später zu Wateringbury, endlich zu Haddenham, aber überall hin begleitete ihn seine Sternwarte; ja man kann heute sogar an portative Observatorien denken, wie denn Thomas Dell ein solches von sehr zweckmässiger Einrichtung ersonnen hat. Ein gutes Fernrohr und eine verlässige Uhr in freier ruhiger Lage können richtig gebraucht oft zu den schönsten Ergebnissen führen. Kein Fach ferner gewährt vielleicht so sehr wie das unsere die Befriedigung, die im Fördern, im Erzielen von Erfolgen liegt; kein Fach bietet so oft wie dieses die Erfrischung der unbestreitbaren Bestätigung unserer Ansichten; kein Fach lässt wie das unsrige die Natur fast immer selbst und im Grossen experimentiren, erspart uns beinahe ganz die störenden Mühseligkeiten, welche eigentliche Versuche unausweichlich begleiten; die Astronomie fordert von ihren Jüngern nicht, dass sie ein uns angebornes Grauen vor Leichen überwinden, dass sie abenteuerliche Reisen unternehmen, dass sie lebensgefährliche Experimente anstellen. Vor Allem aber hat die Astronomie einen Vortheil gegenüber den übrigen Naturwissenschaften, der hier von grosser Bedeutung ist: die völlige Freiheit von der Calamität der Terminologien und Classifikationen. Während andere Naturforscher unter der Wucht dieses, wir möchten sagen, administrativen Theils ihrer Thätigkeit beinahe erliegen und eben desshalb häufig in demselben aufgehen, ist dem Astronomen diese deprimirende Aufgabe ganz und gar abgenommen. Der Begriffe: Klasse, Ordnung, Familie, Gattung, Art und wie die unzähligen Abtheilungen alle heissen, deren andere Fächer für die Instandhaltung ihres wissenschaftlichen Haushaltes bedürfen, kann der Astronom sich völlig entschlagen. Die Sorglosigkeit des Astronomen in Feststellung generischer Unterschiede, ja der Kunstausdrücke überhaupt, die ergötzliche Verwirrung, welche in dieser Beziehung in unserer Wissenschaft mitunter herrscht, zeigen, wie wenig dem Astronomen an diesen Dingen liegt. Wenn heute Jemand behaupten wollte, die Stern-

schnuppen des August und November seien Kometen, oder Kometen seien Meteore, so werden wir uns kaum die Mühe geben, die Gründe für und wider erst sehr genau abzuwägen. Delambre nennt irgendwo die Kometen Planeten einer besonderen Art, er hätte eben so gut die Planeten eine besondere Gattung von Kometen nennen können, ohne weiter Widerspruch zu finden. Wir kennen selbstleuchtende Planeten und haben alle Ursache, die Existenz dunkler, stillstehender Centralkörper anzunehmen. Für den Astronomen hat nicht die Gattung, sondern nur das Individuum Bedeutung. Dieses aber kennzeichnet er durch den Ort, an welchem er es zu einer bestimmten Zeit traf. Er hat ein grosses Fachwerk angelegt, das ihm das ganze unermessliche Himmelsgewölbe repräsentirt, in welchem jedes beobachtete Object seinen besonderen Platz erhält, den es zwar im Laufe der Jahre ändert, aber nach bestimmten, uns genau bekannten Gesetzen, so dass nie Unordnung entsteht. Der Astronom bedarf also auch der Myriaden von Namen nicht, die andere Wissenschaften zu ihren Plagen zählen. Wenn wir ein paar Dutzend Gestirne mit besonderen Titeln beehren, so ist das eben ein Herkommen, das man schnell verlassen wird, wenn es etwa durch die Zahl dieser Himmelskörper unbequem werden sollte, wie man längst nahezu alle Benennungen, welche die Alten den Sternen gegeben, der Geschichte überantwortete, seitdem es eben galt, Tausende und aber Tausende von Gestirnen zu taufen. Dieser, wie uns scheint, wichtige Unterschied der Astronomie von anderen naturhistorischen Fächern begründet nicht etwa einen geringeren Umfang der Aufgabe, welche ihr vorliegt, denn gerade dadurch, dass sie die Individuen kennen zu lernen hat, wird ihr Gebiet ganz eigentlich unübersehbar, und man kann mit Sicherheit einer nicht eben fernen Zukunft entgegensehen, wo eine Zahl von Himmelsobjecten in den Bereich der Untersuchung gezogen, welche weit über die der bekannten Arten von Thieren, Pflanzen u. s. w., so riesig diese letztlich auch angewachsen ist, hinausgehen wird; aber dieses Kennenlernen der Individuen ist ein den Geist anregendes, unmittelbares Beschäftigen mit der Natur; die Astronomen sammeln so zu sagen nur und kümmern sich um das ermüdende Nomenkliren nicht. Die Freude, die der Botaniker, der Zoologe etc. hat, wenn er endlich nach langwierigen Bestimmungen den Namen seines Objectes erfährt, geht hier ganz über in die Freude zu wissen, wo das Object am Himmel aufzusuchen ist. Jenes Bestimmen aber setzt immer ein Eingehen in die Natur der Dinge voraus, das dem Menschen nur in sehr geringem Masse gestattet, dessen der Astronom im Allgemeinen ganz enthoben ist. Diese Frage nach den letzten Gründen durchzieht überhaupt das ganze Gewebe anderer Naturwissenschaften und erlaubt dort nicht wie in der Astronomie einzelne Theile des Faches völlig abgesondert von andern zu behandeln. Desshalb stehen denn auch jene keineswegs anziehenden Einleitungen in das Studium anderer Zweige der Naturforschung überdiess auf schwankendem Boden, während die analoge Beschäftigung des Astronomen auf unverbrüchlichen, für immer feststehenden Normen fusst, und so heisst es im Gegensatze zu sonstigen Aussprüchen hier: »die Gattung vergeht, das Individuum besteht« — eine Seite des Faches, die wieder nicht wenig dazu beitragen muss, ihm Liebhaber zuzuführen; denn nirgends sonst ist die Palme der Unsterblichkeit so

sicher und mit verhältnissmässig so leichter Mühe zu gewinnen. Das dankbare Feld der Entdeckungen ist das eigentliche Gebiet des Dilettantismus. Der Astronom von Profession soll nur, wenn er besondere Gründe dazu hat, sich auf's Entdecken im engsten Sinne des Wortes legen, denn es sind ihm Helfer und Mittel zur Verfügung gestellt, die ihm schwierigere Aufgaben zuweisen. Der Dilettant kann nach Lust und Liebe den Gegenstand seines Strebens wählen: welches Ziel er immer mit Ausdauer verfolgt, man wird die Früchte seiner Mühen willkommen heissen. Das Corps der Dilettanten hat wie alle Freicorps mehr Schwung als die Männer des Berufes. Dieser bringt einen gewissen Schematismus mit sich, im Verhalten der Gelehrten wie im Reglement des Militärs, einen Schematismus, der nothwendig und die Grundlage des ganzen Wesens ist, von dessen Schattenseiten freier zu sein der Volontär aber immerhin sich rühmen kann. In dieser Ungebundenheit liegt indessen auch die Gefahr der Zügellosigkeit, die dort, wo sie ungehindert wuchert, den Dilettanten zur Qual des Fachmannes macht. Das Heer derer, die da, wie Sir John Herschel sich einmal sehr treffend ausdrückte, jede Wissenschaft, welche sie nicht kennen, für eine eben entstehende halten und sich z. B. sofort anschicken, den Grundbau der Astronomie durch von ihnen erdachte Weltsysteme neu zu legen, die da glauben, astronomische Wahrheiten liessen sich eben auch ohne alle Vorkenntnisse errathen, das Heer dieser Freiwilligen hat es zu verantworten, wenn manche Leute vom Handwerk die Berührung mit Dilettanten scheuen. Wo aber viel Korn geerntet wird, muss es auch viel Spreu geben, und in der That verleitet die Astronomie, obschon gerade sie die erste unter ihren Schwestern den richtigen Weg der Forschung betrat, mehr als irgend eine andere Wissenschaft die Geister zu eitlen Träumen, zu aristotelischen Anticipationen, — ein Weg, den heute zu betreten eben so bedenklich ist, als es einst gefährlich war davon abzuweichen. Die Bestrebungen der Dilettanten sind der grossen Mehrzahl nach rieselnden Gewässern zu vergleichen, die nicht beachtet und sich selbst überlassen im Sande verrinnen, ja Schaden bringen und das Land versumpfen, gesammelt und geregelt den berechtigten Strömen an Nutzen um nichts nachstehen. Daraus ergibt sich von selbst die Richtschnur des gegenseitigen Verhaltens zwischen Profession und Liebhaberthum, das unter günstigen Verhältnissen wie in England geradezu die Pflanzschule für jene werden kann. Wofern dem Dilettanten Ernst und Beharrlichkeit nicht fehlen, soll und darf ihm die Hülfe des Mannes vom Berufe nicht entgehen. Erfüllt er diese Forderung, so kann er auch des Erfolges gewiss sein, denn die Schachte, die es hier zu bearbeiten gilt, sind unerschöpflich, und der aufmerksame Forscher kann immer auf das, was wir Glück nennen, zählen; hätte Kepler sich nicht zufällig an Mars gehalten, dessen Ungleichheiten auch den damaligen Beobachtungsmitteln schon zugänglich waren, hätte William Herschel Uranus eilf Tage früher erblickt, wo dieses Gestirn stationär und folglich kaum als Planet zu erkennen war, hätten Le Verrier's Arbeiten ihr Ziel nicht gerade um das Jahr 1846, wo die von ihm supponirte Bahn Neptuns mit der wirklichen zusammentraf, erreicht, so würden die glänzenden Entdeckungen, welche sich an diese Namen knüpfen, wahrscheinlich auf lange Zeit verschoben worden sein;

Bradley und W. Herschel bemühten sich umsonst, die Parallaxe der Fixsterne zu finden, allein die grossen Arbeiten, welche sie zu diesem Zwecke unternommen, wurden gekrönt durch die unerwarteten Entdeckungen der Aberration des Lichtes und panetarischer Sonnen. Wem aber ein astronomischer Fund von auch nur einiger Erheblichkeit gelang, der mag sich der sorglichen Theilnahme versichert halten und darf das Unbeachtetbleiben nicht fürchten, das ihm vielleicht in anderen Wissenschaften droht; denn nirgend sonst ist die Gemeinsamkeit aller Leute vom Fache an Arbeiten jeder Art so eingebürgert. Die Gefahr im Verzuge auf der einen, die Möglichkeit, dasselbe Object von tausend Orten zugleich zu untersuchen, auf der anderen Seite, setzen in der Astronomie immer eine Hemisphäre auf die Fährte alles Neuen.

Anhang.

Uebersicht des Planeten-Systemes.

Das alphabetische Verzeichniss der Asteroiden, mit welchem unsere Uebersicht beginnt, lässt jeden dieser Himmelskörper mit den beiden angegebenen Zahlen sowohl in dem zunächst folgenden Verzeichnisse derselben Gestirne nach der Zeit ihrer Entdeckung, als in den weiter unten folgenden nach der Entfernung von der Sonne angeordneten Tabellen leicht auffinden. Der Asteroiden sind übrigens sechs mehr als im Texte aufgeführt, nämlich erst neuerlich entdeckt worden.

In Tafel A. I sind die mittleren Entfernungen von der Sonne oder die halben Grossen Achsen der Bahnen in mittleren Entfernungen der Sonne von der Erde angegeben; die betreffenden Zahlen sind demnach mit 20,682.000 zu multipliciren, um geographische Meilen zu erhalten. Die nächste Columne „Excentricität" gibt das Verhältniss der Distanz des Brennpunktes vom Mittelpunkte der betreffenden Ellipse zur halben Grossen Achse derselben. Um also die Distanz selbst zu erhalten, müsste man die Zahlen dieser Columne mit den bezüglichen der ersten Columne multipliciren. Das Resultat wäre wieder in Einheiten der mittleren Entfernung der Sonne von der Erde zu verstehen und, um in geographischen Meilen zu erscheinen, noch mit 20,682.000 zu multipliciren.

Die weitere, doppelte Columne „Epoche" gibt zusammengehörige Zeiten und Oerter der mittleren Planeten, d. h. derjenigen Punkte, welche mit den wirklichen Planeten zugleich durch die Grosse Achse der Bahn und gleichförmig gehend gedacht werden. Der dabei vorkommende Ausdruck „Länge" bezieht sich auf eine imaginäre Frühlings-Nachtgleichenlinie, die in der Bahn von der Knotenlinie ebenso weit und im gleichen Sinne absteht, wie die wirkliche Frühlings-Nachtgleichenlinie von der Knotenlinie sich in der Ekliptik entfernt, und wird in der Ebene der Bahn von West nach Ost gezählt. Die letzte Columne dieser Tafel endlich gibt die constante tägliche Bewegung des mittlern Planeten in der Ebene der Bahn.

Die folgende Tabelle A. II enthält in den ersten Columnen die Länge des aufsteigenden Knotens und des Perihels in Bezug auf die imaginäre Frühlings-Nachtgleichenlinie in der Bahn und die Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik. In den letzten Columnen findet man die Umlaufszeiten in Bezug auf einen fixen Punkt (siderisch) und auf die Nachtgleichen (tropisch) in mittleren Tagen, in Bezug auf die Sonne (synodisch) in julianischen Jahren (zu 365.25 mittleren Tagen), Tagen und Stunden. Die weiter folgenden Zusammenstellungen auf Tafel A. III bedürfen keiner Erklärungen; wir wollen aber hier noch die Quellen hinzufügen, denen die nachstehenden Angaben überhaupt entnommen sind.

Die Elemente von Merkur, Venus, Erde und Mars sind jene, welche Le Verrier seinen Tafeln dieser Planeten in den Memoiren der Pariser Sternwarte zu Grunde legt.

Die Elemente der Asteroiden sind, mit Ausnahme jener von (7) Iris, (8) Flora, (9) Metis, (12) Victoria, (15) Eunomia, (18) Melpomene und (34) Circe, durchaus osculirende und zwar für sehr verschiedene Epochen osculirend, während die der eben genannten sieben Asteroiden mittlere Elemente sind. Sie wurden ursprünglich dem Berliner Jahrbuche für 1865 entnommen und später nur jene, bei denen durch eine neuere Bearbeitung die Elemente um mehr als Grössen von der Ordnung der Störungen sich änderten, nach den neueren Quellen, und zwar den Berliner Jahrbüchern 1866 und 1867, dann den Astronomischen Nachrichten bis incl. Nr. 1531 verbessert. Von diesen Elementen sind manche noch sehr unsicher, da sie erst aus den Beobachtungen Einer Erscheinung, in welcher der Planet überdiess manchmal nur kurze

Zeit hatte verfolgt werden können, abgeleitet sind. Diese Bemerkung trifft vorzüglich die Planeten (66) Maja, (78) Diana, (81) Terpsichore, (82) Alcmene und besonders den erst vor kurzem entdeckten (83) Beatrix, dessen Elemente bloss als eine ganz rohe Näherung betrachtet werden können.

Die Elemente von Jupiter, Saturn und Uranus sind der Zusammenstellung Le Verrier's (T. II. p. 58—62 Memoiren der Pariser Sternwarte) und die von Neptun Kowalski's „recherches sur les mouvements de Neptune" p. 114 entnommen.

Nach diesen Bemerkungen ist zu den Tafeln A. I, II und III der Bahnelemente der Hauptplaneten nur noch hinzuzufügen, dass wohl die grössten (Eg) und kleinsten (Ek) Entfernungen der Planeten von der Sonne genau berechnet sind, indem nämlich, wenn a und e Halbaxe und Excentricität der Planetenbahn bedeuten

$$Eg = a\,(1 + e)$$
$$Ek = a\,(I - e)$$

ist, dass hingegen die grössten (D) und kleinsten (d) Entfernungen von der Erde bloss als beiläufig zu verstehen sind, da die ziemlich weitläufige genaue Berechnung dieser Data kaum der Mühe lohnen würde. Es wurde nämlich angenommen:

für die beiden innern Planeten Merkur und Venus

$$D = Eg + 21{\cdot}03$$
$$d = 20{\cdot}33 - Eg$$

für alle anderen, äusseren

$$D = Eg + 21{\cdot}03$$
$$d = Ek - 21{\cdot}03,$$

wobei bekanntlich 21·03 und 20·33 die grösste und kleinste Entfernung der Erde von der Sonne in Millionen d. Meilen ist.

Die folgende Doppelcolumne der Tafel A. III enthält die mittlere Geschwindigkeit des Planeten bei der Bewegung um die Sonne, welche, wenn k die sogenannte Charakteristik unseres Sonnensystemes und a die halbe Grosse Achse der Planetenbahn bedeutet, durch den Ausdruck $\frac{k}{\sqrt{a}}$ gegeben wird. Die halbe Grosse Erdbahnachse als Einheit angenommen, hat man die mittlere Geschwindigkeit

in deutschen Meilen $v = \frac{4.118}{\sqrt{a}}$

in pariser Fussen $V = 22843.\ v.$

In der vorletzten Columne Taf. A. III findet sich der Fallraum des Planeten gegen die Sonne, der nach den in Taf. V und VII mitgetheilten Daten über Grösse der Sonne und Fallraum auf deren Oberfläche in der ersten Sekunde aus

$$\frac{1\,347}{a^2} \text{ par. Linien}$$

folgt. Die letzte Rubrik endlich gibt die Grösse $\frac{1}{a^2}$ als Licht- und Wärmeintensität auf dem Planeten in seiner mittleren Entfernung.

Die hierauf folgenden jährlichen Aenderungen der Elemente für Merkur, Venus, Erde und Mars sind nach Le Verrier's Tafeln, und die der vier äussern Planeten nach Kowalski's Zusammenstellung p. 12 und 13 seiner „recherches sur les mouvements de Neptune," mit Berücksichtigung der Correctionen gegeben, die erforderlich sind wegen der Aenderung der von ihm angenommenen Massen der störenden Planeten in die hier (Taf. V) angeführten.

Die Massen der mit Monden versehenen Planeten (Taf. A. V) beziehen sich auf das ganze System mit Inbegriff der Monde, und bei Saturn auch des Ringes. Die Massen der Planeten: Merkur, Venus und Erde sind den Memoiren der Pariser Sternwarte T. VI p. 308, die von Mars T. IV. p. 96*), und die von Jupiter und Saturn Bessel's Untersuchungen entnommen.

Für die Uranusmasse besitzen wir folgende Bestimmungen:

Bouvard setzte die Masse 1:17918

ferner fand aus Satellitenbeobachtungen:

Lamont . 1:24605

*) Mem. d. Par. Sternw. T. VI, p. 5 soll es in der Bemerkung die T. II. p. 59 adoptirte Marsmasse sei mit 0.885 multiplicirt worden, 0.895 statt 0·885 heissen.

Adams durch Berechnung von Herschel's Messungen 1:21165
Adams aus Lassell's eigens dazu angestellten Beobachtungen . . . 1:20897
Hind aus einem Theile von Lassell's Beobachtungen 1:20570

Als sicherste Date wurde Adam's Berechnung von Lassel's Beobachtungen angesehen, und demgemäss abgerundet angenommen:

Uranusmasse = 1:20900.

Für die Neptunsmasse geben die Berechnungen Safford's aus Uranusstörungen (Monthly Notices of the Roy. Astr. Soc. XXII. 142) 1:20039 in naher Uebereinstimmung mit der aus Bond's Satellitenmessungen sich ergebenden Zahl 1:19400. Es wurde desshalb abgerundet gesetzt:

Neptunsmasse = 1:20000.

Die Durchmesser der Planeten: Merkur und Venus sind die von Le Verrier in seinen Tafeln angewandten. Für Mars gibt Le Verrier in der mittlern Distanz der Sonne von der Erde 11″·10 an, wogegen alle guten Messungen sprechen, wie unter andern die von

Bessel mit dem Königsberger Heliometer (Astr. N. XXXV) 9″·33
Winnecke mit dem Berliner „ (Astr. N. XLVIII) 9·22
Main „ „ Oxforder „ (Month. N. XXIII) 9·38

Da das Berliner Heliometer ein sehr kleines Instrument ist, wurde bloss das Mittel von Bessel und Main genommen und demgemäss der Durchmesser von Mars in der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne 9″·35 gesetzt.

In den Astr. Nachr. finden sich folgende Messungen der Jupiterscheibe:

	Aequatoreal-Durchmesser.	Polar-Durchmesser.
	″	″
nach Bessel:	37·60	35·21
„ Kayser:	37·55	35·15
„ Struve:	38·33	35·54
„ Secchi:	38·35	35·96

Angenommen wurde das Mittel von Struve und Secchi. Es lautet (Taf. A. V, VII):

Aequatorealdurchmesser: 38″·34
Polar- „ 35·75

Abplattung $\frac{1}{14·8}$

Von den zahlreichen Messungen des Saturnsystemes, die in den Monthly Not. und den Astr. Nachr. zerstreut sind, wurden die von Struve beibehalten, weil er das ganze Ringsystem am vollständigsten durchmessen hat; nur fehlt bei ihm der Polardurchmesser, welcher mittelst der aus Bessel's Messung beider Durchmesser folgenden Abplattung ergänzt wurde. Dadurch ergab sich:

Saturns Aequatorealdurchmesser: 17″·995
Polar- „ 16·231

Abplattung $\frac{1}{10·2}$

Die Uranusdurchmesser sind aus Mädler's Messungen, die unter andern in seiner populären Astronomie angeführt sind, abgeleitet und lauten

Uranus: Aequatorealdurchmesser: 4″·276
Polar- „ 3·860

Abplattung $\frac{1}{10·3}$

Der Durchmesser Neptuns ist das Mittel aus Mädler's und Mitchell's Bestimmung, nämlich:

Mädler . . . 2″·56
Mitchell . . . 2·52

Mittel 2·54

Bei der Berechnung der Oberfläche und des Volumens (Taf. A. VI) wurde die Abplattung bloss bei den Planeten: Jupiter, Saturn und Uranus berücksichtigt. Bei der Erde ist sie zu klein, um hier Einfluss zu üben, und bei Mars sehr fraglich. Bessel's Messungen geben keine Spur einer Abplattung zu erkennen und die Zahl

$^1/_{39}$, welche von Main im Jahre 1862 gefunden wurde, widerspricht nicht nur der Rotationsdauer, sondern ist auch desshalb noch unsicher, weil nach Winnecke (Astr. N. XLVIII) Main bei früheren Marsmessungen den Polardiameter nicht wegen der Phase corrigirte, wodurch scheinbar eine Abplattung sich herausstellte, und daher der Gedanke nahe liegt, dass auch bei dieser Opposition ein ähnliches Versehen vorhanden sei. Bedeutet nun a den Aequatoreal-, b den Polardurchmesser, so ist das Volumen des Planeten, dieser als Rotationsellipsoid betrachtet,

$$V = \frac{a^2 b}{6} \pi$$

Bei der Berechnung der Oberfläche schien es jedoch für den vorliegenden Zweck zu weitläufig, ganz streng die Oberfläche des Rotationskörpers zu bestimmen; man hielt es für genau genug, statt derselben die Oberfläche jener Kugel zu berechnen, deren Kubikinhalt dem Volumen des Rotationsellipsoides gleich ist, mit andern Worten jener Kugel, deren Durchmesser

$$D = \sqrt[3]{a^2 b.}$$

Die mittlere Erddichte wurde (Taf. A. VII) nach Baily angenommen, einerseits weil die Beobachtungen mit der Drehwage bisher die genauesten Resultate lieferten, andererseits weil diese Angabe nahe das Mittel aller vorhandenen ist (Comptes rendus LVI. 562).

Das Verhältniss der Schwere und die Fallhöhe gelten für den Aequator und sind mit Berücksichtigung der Verminderung dieser Grössen durch die Fliehkraft, die für die äusseren Planeten nicht unbeträchtlich ist, berechnet. Für Uranus und Neptun war dies jedoch nicht möglich, da deren Rotationszeit unbekannt ist; es sind desshalb in Klammern jene Werthe beigefügt, die Schwere und Fallhöhe haben würden, wäre keine Achsendrehung vorhanden.

Die Rotationszeit von Merkur ist die von Harding und Schröter bestimmte; die von Venus ist die von de Vico aus seinen Beobachtungen gefolgerte; die von Mars ist die von Linsser aus der Zusammenfassung der Beobachtungen seit 1830 abgeleitete. Die Rotationsperiode von Jupiter ist die Mädler'sche, die von Saturn die Herschel'sche, die der Sonne endlich die Spörer'sche (Astr. N. LX). Die letztere ist übrigens noch sehr unsicher.

Die Durchmesser der Asteroiden (Taf. A. VIII) sind aus den mittleren Oppositionshelligkeiten nach den Formeln von Stampfer und Argelander berechnet. Die letzte Dekade wurde vorläufig ausser acht gelassen, weil die mittleren Oppositionshelligkeiten noch zu ungenau sind, um Berechnungen darauf gründen zu können.

Die Elemente des Mondes der Erde (Taf. B. 1) sind jene, die Hansen bei der Berechnung seiner Mondtafeln angewandt hat, und es sei hier nur in Erinnerung gebracht, dass man unter Aequatoreal-Horizontalparallaxe des Mondes den Winkel versteht, um welchen einem Bewohner des Erdäquators der Mond bei seinem Auf- und Untergange tiefer erscheint als im Mittelpunkte der Erde.

Die mittleren Entfernungen $\triangle$ der Satelliten Jupiters von dessen Mittelpunkte, gesehen von der Erde aus, sind nach Bessel's Messungen zur Bestimmung der Jupitersmasse:

für den I. Satelliten . . .	$\triangle$	$= 111''.742$
„ „ II. „ . . .	$\triangle'$	$= 177.797$
„ „ III. „ . . .	$\triangle''$	$= 283.606$
„ „ IV. „ . . .	$\triangle'''$	$= 498.866.$

Damit und aus Bessel's Aequatoreal-Radius Jupiters $r = 18''.80$ folgt die erste Columne der Tafel B. 2 I, während die zweite Columne aus der ersten, mit Benützung des in Tafel V bei den Hauptplaneten angeführten wahren Aequatoreal-Durchmessers Jupiters abgeleitet wurde. Die nun folgenden Bahnelemente sind Damoiseau's Tafeln der Jupitersmonde entnommen, aber mittelst der ebenfalls nach Damoiseau angegebenen jährlichen Veränderung des Perijoviums und des aufsteigenden Knotens von der Epoche 1750·0 auf die näher liegende 1836·0 reducirt. Nur die Neigungen sind noch aus Laplace Mécanique céleste, und die Bemerkungen über die Störungen der Excentricitäten und Neigungen aus Laplace Exposition du système du monde genommen.

Die Durchmesser der Monde sind nach Struve's Messungen (Astr. N. VI

angeführt und die stündliche Bewegung in der Bahn unter der Voraussetzung gerechnet, dass die Bahnen kreisförmig seien.

Bei den Saturnsmonden (Taf. B. III) ist die Bahn von Titan (Huyghens'scher Saturnsatellit) nach Bessel gegeben (Astr. N. XI u. XXVIII), ebenso die Variationen derselben (Astr. N. IX). Die Bahnen von Enceladus, Thetis, Dione, Rhea und Japetus sind nach den Untersuchungen von Capitain Jacob zu Poonah in Indien angenommen (Month. Not. XVIII), von Mimas aber nur die Epoche, während die Umlaufszeit nach Lassell's Beobachtungen auf Malta (M. N. XXV) angeführt ist. Uebrigens sind die Halbmesser der Bahnen von Mimas und Enceladus nicht direct gemessen, sondern aus der Halbaxe Titan's mittelst des dritten Kepler'schen Gesetzes berechnet. Von Hyperion endlich sind Excentricität und Länge des Perisaturniums aus Bond's Satellitenbahn genommen (Month. Not. IX), während für Epoche und Umlaufszeit die Angaben Lassell's (Month. Not. XX) vorgezogen wurden, weil des letzteren Umlaufszeit aus einer längeren Beobachtungsreihe folgt, und mit ihr und Titan's Halbachse das dritte Kepler'sche Gesetz die Entfernung des Satelliten 214″ ergibt, wie sie auch beobachtet wurde, während mit Bond's Umlaufszeit (21·18 Tage) dieselbe bedeutend kleiner ausfallen würde.

Von den Uranusmonden (Taf. B. 4) lieferten uns die Rechnungen von Adams die Umlaufszeiten von Oberon und Titania (Month. N. IX) und die Hind's die übrigen Bahnelemente (Month. Not. XV), während die Halbachsen von Ariel und Umbriel aus den von Lassell angegebenen Umlaufszeiten (Month. Not. XIII) mittelst des dritten Kepler'schen Gesetzes aus der Oberon's abgeleitet sind.

Die Elemente der Bahn des Neptunssatelliten (Taf. B. 5) wurden hier nach Bond (Month. Not. IX) angenommen mit Ausnahme der Umlaufszeit, welche die Lassell'sche ist (Month. Not. XIII). Sie ist um 0·0027 T. länger als die Bond'sche und dürfte ihr desshalb vorzuziehen sein, weil ihr eine längere Beobachtungsreihe zu Grunde liegt, und überdies bei ihrer Annahme die Bond'sche Neptunsmasse ($^1/_{19400}$) sich noch etwas verkleinert, daher in eine noch bessere Uebereinstimmung mit der von Safford aus Uranusstörungen gefolgerten kommt.

Alphabetisches Verzeichniss der Asteroiden.

Asteroid.	Nummer nach der Zeit der Entdeckung.	Nummer nach der mittl. Entfernung von der Sonne.	Asteroid.	Nummer nach der Zeit der Entdeckung.	Nummer nach der mittl. Entfernung von der Sonne.	Asteroid.	Nummer nach der Zeit der Entdeckung.	Nummer nach der mittl. Entfernung von der Sonne.
Aglaja	47	72	Euphrosyne	31	84	Melete	56	38
Alexandra	54	55	Europa	52	79	Melpomene	18	9
Alkmene	82	61	Eurydice	75	49	Metis	9	17
Amphitrite	29	33	Eurynome	79	28	Mnemosyne	57	85
Angelina	64	52	Euterpe	27	12	Nemausa	51	15
Ariadne	43	6	Feronia	72	7	Niobe	71	60
Asia	67	22	Fides	37	43	Nysa	44	23
Asträa	5	35	Flora	8	5	Olympia s.		
Atalante	36	59	Fortuna	19	27	Elpis		
Ausonia	63	19	Freja	76	86	Pales	49	78
Beatrix	83	32	Frigga	77	51	Pallas	2	65
Bellona	28	68	Galatea	74	67	Pandora	55	62
Calliope	22	73	Harmonia	40	8	Panopäa	70	39
Calypso	53	40	Hebe	6	24	Parthenope	11	29
Ceres	1	63	Hesperia	69	75	Phocäa	25	20
Circe	34	53	Hestia	46	31	Polyhymnia	33	71
Clio	84	?	Hygiea	10	83	Pomona	32	36
Clytia	73	48	Irene	14	37	Proserpina	26	47
Concordia	58	54	Iris	7	16	Psyche	16	74
Cybele	65	87	Isis	42	26	Sappho	80	10
Danaë	60	76	Juno	3	50	Terpsichore	81	70
Daphne	41	64	Lätitia	39	66	Thalia	23	42
Diana	78	41	Leda	38	58	Themis	24	82
Doris	48	80	Leucothea	35	77	Thetis	17	30
Echo	61	18	Leto	68	69	Titania siehe		
Egeria	13	34	Lutetia	21	25	Echo		
Elpis	59	56	Maja	66	46	Urania	30	14
Erato	62	81	Massalia	20	21	Vesta	4	13
Eugenia	45	57	Maximiliana			Victoria	12	11
Eunomia	15	44	siehe Cybele.			Virginia	50	45

Verzeichniss der Asteroiden nach der Zeit ihrer Entdeckung.

Asteroid.	Zeichen.	Zeit der Entdeckung.		Name des Entdeckers.	Ort der Entdeckung.
Ceres	⚳, ①	1. Jänner	1801	Piazzi	Palermo
Pallas	⚴, ②	28. März	1802	Olbers	Bremen
Juno	⚵, ③	1. Septemb.	1804	Harding	Lilienthal
Vesta	⚶, ④	29. März	1807	Olbers	Bremen
Asträa	⑤	8. Septemb.	1845	Henke	Driesen
Hebe	⑥	1. Juli	1847	Henke	Driesen
Iris	⑦	13. August	1847	Hind	London
Flora	⑧	18. October	1847	Hind	London
Metis	⑨	26. April	1848	Graham	Markree
Hygiea	⑩	12. April	1849	de Gasparis	Neapel
Parthenope	⑪	11. Mai	1850	de Gasparis	Neapel

Asteroid.	Zeichen.	Zeit der Entdeckung.		Name des Entdeckers.	Ort der Entdecknng.
Victoria	(12)	13. Septbr.	1850	Hind	London
Egeria	(13)	2. November	1850	de Gasparis	Neapel
Irene	(14)	19. Mai	1851	Hind	London
Eunomia	(15)	29. Juli	1851	de Gasparis	Neapel
Psyche	(16)	17. März	1852	de Gasparis	Neapel
Thetis	(17)	17. April	1852	Luther	Bilk
Melpomene	(18)	24. Juni	1852	Hind	London
Fortuna	(19)	22. August	1852	Hind	London
Massalia	(20)	19. Septemb.	1852	de Gasparis	Neapel
Lutetia	(21)	15. November	1852	Goldschmidt	Paris
Calliope	(22)	16. November	1852	Hind	London
Thalia	(23)	15. December	1852	Hind	London
Themis	(24)	5. April	1853	de Gasparis	Neapel
Phocäa	(25)	7. April	1853	Chacornac	Marseille
Proserpina	(26)	5. Mai	1853	Luther	Bilk
Euterpe	(27)	8. November	1853	Hind	London
Bellona	(28)	1. März	1854	Luther	Bilk
Amphitrite	(29)	1. März	1854	Marth	London
Urania	(30)	22. Juli	1854	Hind	London
Euphrosyne	(31)	2. Septemb.	1854	Ferguson	Washington
Pomona	(32)	26. October	1854	Goldschmidt	Paris
Polyhymnia	(33)	28. October	1854	Chacornac	Paris
Circe	(34)	16. April	1855	Chacornac	Paris
Leucothea	(35)	19. April	1855	Luther	Bilk
Atalante	(36)	5. October	1855	Goldschmidt	Paris
Fides	†, (37)	5. October	1855	Luther	Bilk
Leda	(38)	12. Jänner	1856	Chacornac	Paris
Lätitia	(39)	8. Februar	1856	Chacornac	Paris
Harmonia	(40)	31. März	1856	Goldschmidt	Paris
Daphne	(41)	22. Mai	1856	Goldschmidt	Paris
Isis	(42)	23. Mai	1856	Pogson	Oxford
Ariadne	(43)	15. April	1857	Pogson	Oxford
Nysa	(44)	27. Mai	1857	Goldschmidt	Paris
Eugenia	(45)	26. Juni	1857	Goldschmidt	Paris
Hestia	(46)	16. August	1857	Pogson	Oxford
Aglaja	(47)	15. Septemb.	1857	Luther	Bilk
Doris	(48)	19. Septemb.	1857	Goldschmidt	Paris
Pales	(49)	19. Septemb.	1857	Goldschmidt	Paris
Virginia	(50)	4. October	1857	Ferguson	Washington
Nemausa	(51)	22. Jänner	1858	Laurent	Nismes
Europa	(52)	4. Februar	1858	Goldschmidt	Paris
Calypso	(53)	4. April	1858	Luther	Bilk
Alexandra	(54)	10. Septemb.	1858	Goldschmidt	Paris
Pandora	(55)	10. Septemb.	1858	Searle	Albany
Melete(Pseudo-Daphne)	(56)	Septemb.	1857	Schubert und Goldschmidt	Paris
Mnemosyne	(57)	22. Septemb.	1859	Luther	Bilk
Concordia	(58)	24. März	1860	Luther	Bilk
Elpis (Olympia)	(59)	12. Septemb.	1860	Chacornac	Paris
Danaë	(60)	9. Septemb.	1860	Goldschmidt	Paris
Echo (Titania)	(61)	15. Septemb.	1860	Ferguson	Washington
Erato	(62)	14. Septemb.	1860	Förster und Lesser	Berlin
Ausonia	(63)	11. Februar	1861	de Gasparis	Neapel
Angelina	(64)	5. März	1861	Tempel	Marseille
Cybele (Maximiliana)	(65)	9. März	1861	Tempel	Marseille
Maja	(66)	10. April	1861	Tuttle	Cambridge U. S.
Asia	(67)	17. April	1861	Pogson	Madras

Asteroid.	Zeichen.	Zeit der Entdeckung.	Name des Entdeckers.	Ort der Entdeckung.
Leto		29. April 1861	Luther	Bilk
Hesperia		29. April 1861	Schiaparelli	Mailand
Panopäa		5. Mai 1861	Goldschmidt	Paris
Niobe		13. August 1861	Luther	Bilk
Feronia		29. Mai 1861	Safford und Peters	Clinton U. S.
Clytia		7. April 1862	Tuttle	Cambridge U. S.
Galatea		29. August 1862	Tempel	Marseille
Eurydice		22. Septemb. 1862	Peters	Clinton U. S.
Freja		21. October 1862	D'Arrest	Copenhagen
Frigga		12. November 1862	Peters	Clinton U. S.
Diana		15. März 1863	Luther	Bilk
Eurynome		14. Septemb. 1863	Watson	Ann Arbor U. S.
Sappho		2. Mai 1864	Pogson	Madras
Terpsichore		30. Septemb. 1864	Tempel	Marseille
Alkmene		27. November 1864	Luther	Bilk
Beatrix		26. April 1865	de Gasparis	Neapel
Clio		25. August 1865	Luther	Bilk
........		19. Septemb. 1865	Peters	Clinton U. S.

A. Bahn-Elemente sämmtlicher Hauptplaneten.

I.

Planet.	Halbe grosse Achse der Bahn.	Excentricität.	Epoche: mittlerer Mittag. [P. Paris; B. Berlin.]	Epoche: mittlere Länge.	Mittlere tägliche tropische Bewegung.
				° ′ ″	″
1. Merkur ☿	0·3870988	0·2056048	1850 1. Jänner P.	327 15 20·4	14732·5573
2. Venus ♀	0·7233322	0·0068433	1850 1. Jänner P.	245 33 14·7	5767·8074
3. Erde ♁	1·0000000	0·0167703	1850 1. Jänner P.	100 46 43·5	3548·3304
4. Mars ♂	1·5236914	0·0932611	1850 1. Jänner P.	83 40 31·3	1886·6559
5. Flora	2·20138	0·156704	1848 1. Jänner B.	68 48 31·9	1086·468
6. Ariadne	2 20336	0·167593	1862 31. Dec. B.	132 1 30·2	1085 010
7. Feronia	2·26538	0·119494	1864 10. Jänner B.	128 20 51·6	1040·761
8. Harmonia	2·26772	0·046314	1863 12. Mai B.	225 47 29.8	1039·152
9. Melpomene	2·29564	0·217671	1853 31. Dec. B.	95 10 8·0	1020·257
10. Sappho	2·29709	0·200479	1864 5. Mai B.	258 0 27·4	1019·291
11. Victoria	2 33421	0·218924	1850 31. Dec. B.	7 42 4·9	994·972
12. Euterpe	2·34634	0·173621	1863 23. Juli B.	311 56 4·5	987·370
13. Vesta	2·36161	0·089087	1863 17. Nov. B.	50 56 50·9	977·813
14. Urania	2·36541	0·127614	1862 17. Dec. B.	73 59 9·5	975·457
15. Nemausa	2·36549	0·066671	1862 13. Mai B.	226 3 28·1	975·406
16. Iris	2·38623	0·230829	1849 31. Dec. B.	207 30 41·8	962·723
17. Metis	2·38663	0·122875	1858 30. Juni B.	128 8 20·9	962·476
18. Echo	2·39309	0·184738	1862 31. Dec. B.	232 27 11·8	958·585
19. Ausonia	2·39378	0·124723	1861 5. März B.	177 7 9·1	958·166
20. Phocäa	2·39998	0·254790	1863 13. Jänner B.	108 4 27·7	949·459
21. Massalia	2·40891	0·144298	1863 30. August B.	351 10 34·3	949·155
22. Asia	2·42028	0·184848	1861 31. Dec. B.	313 38 23·3	942·480
23. Nysa	2·42339	0·150370	1860 28. Jänner B.	116 18 11·9	940·666
24. Hebe	2·42463	0·202885	1862 31. Mai B.	269 8 16·9	939·944

Planet.	Halbe grosse Achse der Bahn.	Excentricität.	Epoche mittlerer Mittag. [P. Paris; B. Berlin.]			mittlere Länge.	Mittlere tägliche tropische Bewegung.
						° ′ ″	
25. Lutetia	2·43544	0·162053	1853	2. Jänner	B.	41 24 2·2	933·692
26. Isis	2·44004	0·225615*	1860	1. Jänner	B.	247 45 49·1	931·055
27. Fortuua	2·44157	0·157233	1860	8. Nov.	B.	41 51 13·5	930·182
28. Eurynome	2·44368	0·195180	1864	1. Jänner	B.	45 48 52·8	928·973
29. Parthenope	2·45241	0·099019	1862	21. Juli	B.	304 57 4·5	924·023
30. Thetis	2·47328	0·127644	1860	12. Juli	B.	245 5 1·1	912·350
31. Hestia	2·52615	0·164666	1862	31. Dec.	B.	86 7 34·3	883·863
32. Beatrix	2·529 . .	0·1387 . .	1865	9. Mai	B.	216 59 . . .	882·6 . .
33. Amphitrite	2·55366	0·073785	1863	30. Juni	B.	283 40 58·5	869·619
34. Egeria	2·57630	0·086752	1864	10. Jänner	B.	111 51 59·4	858·188
35. Asträa	2·57821	0·186312	1863	8. Febr.	B.	142 28 37·4	857·236
36. Pomona	2.58680	0·082440	1855	5. Jänner	B.	57 34 53·7	852·967
37. Irene	2·58951	0·165248	1857	5. Nov.	B.	63 39 50·3	851·632
38. Melete	2·59711	0·237043	1862	18. Dec.	B.	62 16 45·7	847·893
39. Panopäa	2·61291	0·183018	1861	31. Mai	B.	249 24 53·6	840·214
40. Calypso	2·62096	0·203820	1863	1. Juni	B.	239 26 14·9	836·351
41. Diana	2·62632	0·206680	1863	9. Mai	B.	173 48 40·6	833·791
42. Thalia	2·62822	0·232182	1862	19. Febr.	B.	141 0 30·1	832·886
43. Fides	2·64237	0·174986	1855	16. Nov.	B.	32 15 32·4	826·205
44. Eunomia	2·64368	0·187249	1853	31. Dec.	B.	149 57 32·0	825·592
45. Virginia	2·64974	0·287329	1862	31. Dec.	B.	89 16 52·2	822·761
46. Maja	2·65125	0·158096	1865	27. Jänner	B.	131 32 0·1	822·058
47. Proserpina	2·65608	0·087521	1857	20. März	B.	181 21 21·0	819·819
48. Clytia	2·66658	0·042750	1864	4. Oct.	B.	25 17 28·6	814·980
49. Eurydice	2·67084	0·306746	1862	31. Dec.	B.	18 12 22·5	813·035
50. Juno	2·67237	0·255282	1863	3. April	B.	170 58 17·5	812·335
51. Frigga	2·67375	0·135813	1864	1. Jänner	B.	121 56 50·6	811·705
52. Angelina	2·68074	0·129496	1861	28. Mai	B.	182 53 45·8	808·537
53. Circe	2.68716	0·107765	1860	17. Juni	B.	257 27 28·2	805·638
54. Concordia	2·69932	0·041619	1860	14. April	B.	186 12 26·9	800·202
55. Alexandra	2·71231	0·196916	1863	14. Nov.	B.	19 4 16·9	794·459
56. Elpis	2·71321	0·117136	1864	31. Juli	B.	317 18 5·3	794·064
57. Eugenia	2·72051	0·082236	1857	31. Dec.	B.	294 35 2·8	790·872
58. Leda	2·74015	0·155432	1855	31. Dec.	B.	112 58 27·6	782·387
59. Atalante	2·74790	0·297126	1860	31. Dec.	B.	71 20 46·7	779·079
60. Niobe	2·75012	0·176458	1864	2. Febr.	B.	147 50 56·7	778·127
61. Alcmene	2·75471	0·223402	1864	31. Dec.	B.	93 31 37·4	776·193
62. Pandora	2·75962	0·142034	1858	30. Dec.	B.	28 26 57·6	774·122
63. Ceres	2·76539	0·080830	1863	15. Juli	B.	288 13 53·0	771·701
64. Daphne	2·76655	0·269081	1862	23. Sept.	B.	334 57 46·0	771·216
65. Pallas	2·76819	0·240286	1863	1. Juli	B.	262 1 44·0	770·531
66. Lätitia	2·76998	0·111102	1856	1. Jänner*	B.	146 41 34·5	769·785
67. Galatea	2·77792	0·238210	1862	17. Sept.	B.	0 59 0·4	766·486
68. Bellona	2·77847	0·150099	1862	24. März	B.	66 3 57·4	766·259
69. Leto	2·78041	0·188463	1863	20. Dec.	B.	78 58 22·1	765·460
70. Terpsichore	2·85043	0·210055	1864	13. Nov.	B.	29 35 16·4	737·432
71. Polyhymnia	2·86506	0·338195	1863	29. Mai	B.	285 42 14·6	731·792
72. Aglaja	2·88019	0·132401	1859	17. Juni	B.	116 34 11·4	726·031
73. Calliope	2·90950	0·101960	1859	31. Dec.	B.	224 46 26·6	715.093
74. Psyche	2·92638	0·134125	1863	30. April	B.	226 10 28·9	708·917
75. Hesperia	2·97169	0·173831	1861	3. Juni	B.	163 53 22·3	692·767
76. Danae	2·98541	0·165056	1860	29. Sept.	B.	346 5 6·8	687·996
77. Leucothea	3·00604	0·213631	1863	17. Nov.	B.	69 57 44·7	680·924
78. Pales	3·08401	0·237353	1858	23. Febr.	B.	31 25 12·2	655·270
79. Europa	3·09989	0·101447	1857	31. Dec.	B.	136 21 10·1	650·245
80. Doris	3·10949	0·076633	1862	25. Juli	B.	309 31 24·9	647·239
81. Erato	3·13070	0·170982	1863	26. März	B.	176 6 43·5	640·677

Planet.	Halbe grosse Achse der Bahn.	Excentricität.	Epoche: mittlerer Mittag. [P. Paris; B. Berlin.]	Epoche: mittlere Länge.	Mittlere tägliche tropische Bewegung.
				° ′ ″	
82. Themis	3·14198	0·117015	1858 14. April B.	130 4 38·5	637·230
83. Hygiea	3·14938	0·100558	1851 17. Sept. B.	354 47 47·6	634·986
84. Euphrosyne	3·15714	0·218149	1862 9. März B.	155 10 34·1	632·644
85. Mnemosine	3·15729	0·104116	1860 1. Jänner B.	28 35 25·6	632·600
86. Freja	3·38643	0·187178	1862 25. October B.	45 13 9·3	569·507
87. Cybele	3·41984	0·120172	1861 18. März B.	192 7 10·8	561·180
88. Jupiter ♃	5·202798	0·0482388	1850 1. Jänner P.	160 1 20·3	299·2661
89. Saturn ♄	9·538852	0·0559956	1850 1. Jänner P.	14 50 40·6	120.5923
90. Uranus ⛢	19·182639	0·0465775	1850 1. Jänner P.	28 26 41·5	42·3707
91. Neptun ♆	30.03386	0·0091740	1850 1. Jänner P.	334 36 29·6	21·4203

II.

Planet.	Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Umlaufszeit. Siderisch.	Umlaufszeit. Tropisch.	Umlaufszeit. Synodisch.
	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	t	t	j t h
1. Merkur	75 7 13·9	46 33 8·8	7 0 7·7	87·96926	87·96843	0 115 21
2. Venus	129 27 14·5	75 19 52·3	3 23 34·8	224·70079	224·69544	1 218 16
3. Erde	100 21 21·5	. . .	. . .	365·25636	365·24220	
4. Mars	333 17 53·7	48 23 53·1	1 51 2·3	686 97979	686·92972	2 48 23
5. Flora	32 54 28·3	110 17 48·6	5 53 8·0	1193·01	1192·86	1 161 4
6. Ariadne	277 50 50·4	264 35 52·7	3 27 39·1	1194·61	1194·46	1 160 21
7. Feronia	307 54 41·4	207 43 38·8	5 23 32·7	1245·41	1245.24	1 151 14
8. Harmonia	1 2 41·7	93 34 23·7	4 15 52·3	1247·33	1247·17	1 151 6
9. Melpomene	15 5 31·0	150 3 49·7	10 9 16·9	1270·44	1270·27	1 147 9
10. Sappho	354 55 25·6	218 29 12·6	8 36 22·1	1271·64	1271·47	1 147 5
11. Victoria	301 39 25·0	235 34 41·7	8 23 17·7	1302·73	1302·55	1 142 8
12. Euterpe	87 40 8·9	93 46 22·1	1 35 30·3	1312·76	1312·58	1 140 19
13. Vesta	250 35 30·8	103 26 55·6	7 8 3·5	1325·59	1325·41	1 138 22
14. Urania	30 52 49·6	308 16 8·4	2 6 1·8	1328·79	1328·61	1 138 11
15. Nemausa	174 34 17·6	175 41 13·5	9 56 56·0	1328·86	1328·68	1 138 11
16. Iris	41 23 2·5	259 47 43·6	5 28 2·3	1346·37	1346·18	1 136 0
17. Metis	71 11 47·6	68 29 31·5	5 35 57·9	1346·72	1346·53	1 135 22
18. Echo	98 30 17·3	191 59 47·3	3 34 18·7	1352·19	1351·99	1 135 4
19. Ausonia	269 41 0·7	338 3 48·9	5 46 54·5	1352·78	1352·58	1 135 2
20. Phocäa	302 53 58·3	214 3 0·1	21 34 54·9	1358·03	1357·83	1 134 9
21. Massalia	98 26 22·4	206 42 30·8	0 41 11·1	1365·62	1365·42	1 133 9
22. Asia	306 18 47·9	202 40 10·1	5 59 27·3	1375·30	1375·10	1 132 2
23. Nysa	111 28 30·0	130 59 42·0	3 41 37·0	1377·95	1377·75	1 131 18
24. Hebe	15 22 12·6	138 37 21·4	14 46 38·0	1379·01	1378·81	1 131 15
25. Lutetia	327 3 11·9	80 27 48·9	3 5 9·5	1388·24	1388·04	1 130 5
26. Isis	317 59 37·5	84 31 11·3	8 34 30·0	1392·17	1391·97	1 129 22
27. Fortuna	30 29 32·3	211 27 18·2	1 32 30·2	1393·48	1393·27	1 129 18
28. Eurynome	44 18 8·6	206 42 41·4	4 36 47·4	1395·29	1395·09	1 129 13
29. Parthenope	317 21 4·7	125 5 56·1	4 37 0·9	1402·77	1402·56	1 128 14
30. Thetis	260 40 8·1	125 21 37·2	5 36 5·6	1420·72	1420·51	1 126 10
31. Hestia	354 43 56·3	181 33 41·1	2 17 36·7	1466·52	1466·29	1 121 3
32. Beatrix	237 28 ...	27 38 ...	4 46 ...	1469...	1468...	1 121 ..
33. Amphitrite	57 23 12·1	356 28 37·9	6 7 49·8	1490·54	1490·30	1 118 13
34. Egeria	119 0 16·2	43 19 45·4	16 31 54·9	1510·40	1510·16	1 116 12
35. Asträa	135 27 45·0	141 28 2·7	5 19 6·6	1512·08	1511·84	1 116 8
36. Pomona	194 21 22·1	220 48 4·4	5 29 5·0	1519·65	1519·40	1 115 14

Planet.	Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Umlaufszeit. Siderisch.	Tropisch.	Synodisch.
	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	t	t	j t h
37. Irene	179 26 54·9	86 40 14·9	9 7 4·7	1522·03	1521·78	1 115 8
38. Melete	293 37 37·9	194 25 59·4	8 1 50·8	1528·74	1528·49	1 114 16
39. Panopäa	300 1 17·2	48 14 47·6	11 38 28·6	1542·72	1542·46	1 113 7
40. Calypso	92 47 35·8	144 1 52·5	5 6 42·7	1549·84	1549·59	1 112 15
41. Diana	121 13 59·2	334 2 34·2	8 39 47·0	1554·60	1554·34	1 112 5
42. Thalia	124 9 6·7	67 39 12·0	10 13 13·1	1556·29	1556·03	1 112 0
43. Fides	66 5 43·8	8 9 18·9	3 7 9·2	1568·88	1568·62	1 110 20
44. Eunomia	27 52 0·5	293 52 14·5	11 44 17·4	1570·04	1569·79	1 110 18
45. Virginia	9 51 30·3	173 36 12·2	2 47 36·9	1575·45	1575·18	1 110 6
46. Maja	44 24 57·0	8 15 20·1	3 4 15·1	1576·79	1576·53	1 110 3
47. Proserpina	235 17 26·9	45 53 19·4	3 35 40·1	1581·10	1580·84	1 109 17
48. Clytia	59 58 32·8	7 33 43·0	2 24 39·1	1590·49	1590·22	1 108 21
49. Eurydice	334 25 8·1	359 55 42·9	5 0 0·8	1594·28	1594·02	1 108 13
50. Juno	54 22 58·2	171 2 41·7	13 2 43·3	1595·67	1595·40	1 108 10
51. Frigga	58 9 51·6	2 7 50·4	2 27 55·7	1596·91	1596·64	1 108 8
52. Angelina	123 36 6·9	311 6 54·9	1 19 52·6	1603·17	1602·90	1 107 19
53. Circe	149 32 31·8	184 48 28·3	5 26 27·6	1608·93	1608·66	1 107 7
54. Concordia	184 36 39·2	161 15 47·3	5 1 50·1	1619·87	1619·59	1 106 8
55. Alexandra	295 27 8·7	314 5 8·4	11 46 41·9	1631·58	1631·30	1 105 9
56. Elpis	18 19 21·7	170 20 0·9	8 37 12·5	1632·39	1632·11	1 105 7
57. Eugenia	229 51 52·7	148 5 51·8	6 34 57·0	1638·98	1638·70	1 104 18
58. Leda	100 51 44·3	296 27 34·9	6 58 25·3	1656·76	1656·47	1 103 7
59. Atalante	42 38 20·0	359 10 46·4	18 41 51·6	1663·80	1663·50	1 102 18
60. Niobe	222 18 15·0	316 22 12·2	23 19 4·2	1665·83	1665·54	1 102 14
61. Alcmene	131 13 9·1	26 59 56·6	2 51 26·2	1669·98	1669·69	1 102 6
62. Pandora	11 28 38·6	10 57 29·1	7 13 28·1	1674·45	1674·16	1 101 22
63. Ceres	148 33 11·4	80 48 29·1	10 37 30·6	1679·70	1679·40	1 101 12
64. Daphne	220 5 20·1	179 2 30·1	16 3 13·7	1680·76	1680·46	1 101 10
65. Pallas	122 7 24·4	172 41 45·1	34 43 10·1	1682·26	1681·95	1 101 7
66. Lätitia	2 11 36·7	157 20 6·6	10 20 58·3	1683·89	1683·58	1 101 4
67. Galatea	7 15 8·8	197 55 16·1	3 58 56·3	1691·14	1690·83	1 100 15
68. Bellona	122 55 29·6	144 41 9·9	9 21 26·3	1691·64	1691·34	1 100 14
69. Leto	345 4 59·7	44 53 12·9	7 57 34·9	1693·40	1693·10	1 100 11
70. Terpsichore	48 17 29·6	2 31 45·1	7 55 22·0	1757·78	1757·45	1 95 20
71. Polyhymnia	342 27 53·9	9 6 44·1	1 56 18·9	1771·33	1771·00	1 94 21
72. Aglaja	313 53 0·8	4 11 52·2	5 0 9·6	1785·38	1785·04	1 93 23
73. Calliope	56 34 13·1	66 36 21·8	13 45 28·4	1812·70	1812·35	1 92 4
74. Psyche	14 44 57·6	150 34 1·6	3 3 58·6	1828·50	1828·14	1 91 4
75. Hesperia	109 6 25·4	187 1 7·5	8 29 19·2	1871·13	1870·76	1 88 14
76. Danaë	341 34 18·6	334 17 58·0	18 17 9·7	1884·11	1883·73	1 87 20
77. Leucothea	201 26 27·1	355 51 20·9	8 10 32·1	1903·68	1903·30	1 86 18
78. Pales	32 51 46·6	290 28 4·7	3 8 33·1	1978·23	1977·81	1 82 17
79. Europa	101 56 6·0	129 57 16·5	7 24 40·7	1993·51	1993·10	1 81 22
80. Doris	74 20 32·1	185 5 32·3	6 29 30·7	2002·78	2002·35	1 81 11
81. Erato	34 0 8·2	126 12 55·1	2 12 23·9	2023·30	2022·86	1 80 11
82. Themis	139 8 5·2	36 9 9·5	0 48 52·6	2034·24	2033·80	1 79 22
83. Hygiea	227 47 58·8	287 38 34·2	3 47 9·3	2041·43	2040·99	1 79 14
84. Euphrosyne	94 15 6·4	31 28 40·0	26 26 0·0	2048·99	2048·54	1 79 6
85. Mnemosyne	52 53 13·0	200 5 25·1	15 8 1·6	2049·13	2048·69	1 79 5
86. Freja	92 52 4·3	213 3 21·2	2 1 51·5	2276·20	2275·65	1 69 18
87. Cybele	258 22 6·5	158 53 38·1	3 28 9·5	2309·98	2309·42	1 68 15
88. Jupiter	11 54 53·1	98 54 20·5	1 18 40·3	4332·5848	4330·5936	1 33 15
89. Saturn	90 6 12·0	112 21 44·0	2 29 28·1	10759·2198	10746·9487	1 12 20
90. Uranus	168 16 45·0	73 14 14·4	0 46 29·9	30686·8208	30587·2094	1 4 7
91. Neptun	50 16 39·1	130 7 45·3	1 47 0·9	60117·37	59736·26	1 2 5

III.

Planet.	Entfernung von der Sonne (in Millionen geogr. Meilen.) Grösste	Sonne Kleinste	Erde Grösste	Erde Kleinste	Mittlere Geschwindigkeit bei der Bewegung um die Sonne in 1 Sekunde. Par. Fuss.	Meilen.	Winkelbewegung um die Sonne während eines sid. Umlaufes Merkurs.	Fall gegen die Sonne in 1 Sek. Par. Linien.	Intensität von Licht und Wärme.
1. Merkur	9·65	6·36	31	11	151200	6·62	360·00	9·004	6·674
2. Venus	15·06	14·86	36	5	110600	4·84	140·94	2·579	1·911
3. Erde	21·03	20·33	..	..	94100	4·12	86·70	1·349	1·000
4. Mars	34·45	28·57	55	8	76200	3·34	46·10	0·581	0·431
5. Flora	52·67	38·39	74	17	63400	2·78	26·54	0·278	0·206
6. Ariadne	53·21	37·93	74	17	63400	2·77	26·51	0·277	0·206
7. Feronia	52·45	41·26	73	20	62500	2·74	25·43	0·262	0·195
8. Harmonia	49·07	44·73	70	24	62500	2·73	25·39	0·262	0·194
9. Melpomene	57·81	37·14	79	16	62100	2·72	24·93	0·256	0·190
10. Sappho	57·03	37·98	78	17	62100	2·72	24·90	0·255	0·190
11. Victoria	58·85	37·71	80	17	61600	2·70	24·31	0·247	0·184
12. Euterpe	56·95	40·10	78	19	61400	2·69	24·12	0·245	0·182
13. Vesta	53·20	44·49	74	23	61200	2·68	23·89	0·241	0·179
14. Urania	55·17	42·68	76	22	61200	2·68	23·83	0·241	0·179
15. Nemausa	52·19	45·66	73	25	61200	2·68	23·83	0·241	0·179
16. Iris	60·74	37·96	82	17	60900	2·67	23·52	0·236	0·176
17. Metis	55·43	43·29	76	22	60900	2·67	23·52	0·236	0·176
18. Echo	58·64	40·35	80	19	60800	2·66	23·42	0·235	0·175
19. Ausonia	55·68	43·33	77	22	60800	2·66	23·41	0·235	0·175
20. Phocäa	62·28	36·99	83	16	60700	2·66	23·32	0·234	0·174
21. Massalia	57·01	42·63	78	22	60600	2·65	23·19	0·232	0·173
22. Asia	59·31	40·80	80	20	60500	2·65	23·03	0·230	0·171
23. Nysa	57·66	42·58	79	22	60400	2·65	22·98	0·229	0·170
24. Hebe	60·32	39·97	81	19	60400	2·64	22·97	0·229	0·170
25. Lutetia	58·53	42·21	80	21	60300	2·64	22·81	0·227	0·169
26. Isis	61·85	39·08	83	18	60200	2·64	22·75	0·226	0·168
27. Fortuna	58·44	42·58	79	22	60200	2·64	22·73	0·226	0·168
28. Eurynome	60·41	40·68	81	20	60200	2·63	22·70	0·226	0·167
29. Parthenope	55·74	45·70	77	25	60100	2·63	22·58	0·224	0·166
30. Thetis	57·68	44·62	79	24	59800	2·62	22·29	0·220	0·163
31. Hestia	60·85	43·64	82	23	59200	2·59	21·60	0·211	0·157
32. Beatrix	59·56	45·04	81	24	59200	2·59	21·56	0·211	0·156
33. Amphitrite	56·71	48·92	78	28	58900	2·57	21·25	0·206	0·153
34. Egeria	57·91	48·66	79	28	58600	2·57	20·97	0·203	0·151
35. Asträa	63·26	43·39	84	22	58600	2·56	20·94	0·203	0·150
36. Pomona	57·91	49·09	79	28	58500	2·56	20·84	0·201	0·149
37. Irene	62·41	44·71	83	24	58500	2·56	20·81	0·201	0·149
38. Melete	66·45	40·98	87	20	58400	2·56	20·72	0·200	0·148
39. Panopäa	63·93	44·15	85	23	58200	2·55	20·53	0·197	0·146
40. Calypso	65·26	43·16	86	22	58100	2·54	20·43	0·196	0·146
41. Diana	65·54	43·09	87	22	58000	2·54	20·37	0·195	0·145
42. Thalia	66·98	41·74	88	21	58000	2·54	20·35	0·195	0·145
43. Fides	64·21	45·09	85	24	57900	2·53	20·19	0·193	0·143
44. Eunomia	64·92	44·44	86	23	57900	2·53	20·17	0·193	0.143
45. Virginia	70·55	39·06	92	18	57800	2·53	20·10	0·192	0·142
46. Maja	63·51	46·16	85	25	57800	2·53	20·09	0·192	0·142
47. Proserpina	59·74	50·13	81	29	57700	2·53	20·03	0·191	0·142
48. Clytia	57·51	52·79	79	32	57600	2·52	19·91	0·189	0·141
49. Eurydice	72·18	38·29	93	17	57600	2·52	19·86	0·189	0·140
50. Juno	69·38	41·16	90	20	57500	2·52	19·85	0·189	0·140
51. Frigga	62·81	47·79	84	27	57500	2·52	19·83	0·188	0·140

Planet.	Entfernung von der Sonne in Millionen geogr. Meilen. Grösste	Entfernung von der Sonne in Millionen geogr. Meilen. Kleinste	Entfernung von der Erde in Millionen geogr. Meilen. Grösste	Entfernung von der Erde in Millionen geogr. Meilen. Kleinste	Mittlere Geschwindigkeit bei der Bewegung um die Sonne in 1 Sekunde. Par. Fuss.	Mittlere Geschwindigkeit bei der Bewegung um die Sonne in 1 Sekunde. Meilen.	Winkelbewegung um die Sonne während eines sid. Umlaufes Merkurs.	Fall gegen die Sonne in 1 Sek. Par. Linien.	Intensität von Licht und Wärme.
52. Angelina	62·62	48·26	84	27	57400	2·51	19·75	0·187	0·139
53. Circe	61·57	49·57	83	29	57400	2·51	19·68	0·186	0·139
54. Concordia	58·15	53·51	79	32	57300	2·51	19·55	0·185	0·137
55. Alexandra	67·14	45·05	88	24	57100	2·50	19·41	0·183	0·136
56. Elpis	62·69	49·54	84	29	57100	2·50	19·40	0·183	0·136
57. Eugenia	60·89	51·64	82	31	57000	2·50	19·32	0·182	0·135
58. Leda	65·48	47·87	87	27	56800	2·49	19·11	0·179	0·133
59. Atalante	73·72	39·95	95	19	56700	2·48	19·03	0·178	0·132
60. Niobe	66·92	46·84	88	26	56700	2·48	19·01	0·178	0·132
61. Alkmene	69·70	44·25	91	23	56700	2·48	18·96	0·178	0·132
62. Pandora	65·18	48·97	86	28	56600	2·48	18·91	0·177	0·131
63. Ceres	61·82	52·57	83	32	56600	2·48	18·85	0·176	0·131
64. Daphne	72·61	41·82	94	21	56600	2·48	18·84	0·176	0·131
65. Pallas	71·01	43·50	92	22	56500	2·47	18·83	0·176	0·130
66. Lätitia	63·80	50·93	85	30	56500	2·47	18·81	0·175	0·130
67. Galatea	71·14	43·77	92	23	56400	2·47	18·73	0·174	0·130
68. Bellona	66·09	48·84	87	28	56400	2·47	18·72	0·174	0·130
69. Leto	68·34	46·67	89	26	56400	2·47	18·70	0·174	0·129
70. Terpsichore	71·34	46·57	92	26	55700	2·44	18·02	0·166	0·123
71. Polyhymnia	79·30	39·22	100	18	55600	2·43	17·88	0·164	0·122
72. Aglaja	67·46	51·68	89	31	55400	2·43	17·74	0·162	0·121
73. Calliope	66·31	54·04	87	23	55100	2·41	17·47	0·159	0·118
74. Psyche	68·64	52·41	90	31	55000	2·41	17·32	0·157	0·117
75. Hesperia	72·15	50·78	93	30	54600	2·39	16·92	0·152	0·113
76. Danaë	71·94	51·55	93	31	54400	2·38	16·81	0·151	0·112
77. Leukothea	75·45	48·89	96	28	54300	2·38	16·64	0·149	0·111
78. Pales	78·92	48·65	100	28	53400	2·34	16·01	0·142	0·105
79. Europa	70·62	57·61	92	37	53400	2·34	15·89	0·140	0·104
80. Doris	69·24	59·38	90	38	53300	2·34	15·81	0·139	0·103
81. Erato	75·82	53·68	97	33	53200	2·33	15·65	0·137	0·102
82. Themis	72·59	57·38	94	36	53100	2·32	15·57	0·136	0·101
83. Hygiea	71·69	58·59	93	38	53000	2·32	15·51	0·136	0·101
84. Euphrosyne	79·54	51·05	101	30	52900	2·32	15·46	0·135	0·100
85. Mnemosyne	72·10	58·50	93	37	52900	2·32	15·45	0·135	0·100
86. Freja	83·18	56·93	104	36	51100	2·24	13·91	0·117	0·087
87. Cybele	79·23	62·23	100	41	50900	2·23	13·71	0·115	0·086
88. Jupiter	112·80	102·41	134	81	41200	1·81	7·31	0·050	0·037
89. Saturn	208·33	186·24	229	165	30500	1·33	2·94	0·015	0·011
90. Uranus	424·89	378·27	436	357	21500	0·94	1·03	0·004	0·003
91. Neptun	626·89	615·46	648	594	17200	0·75	0.53	0·001	0·001

IV.

Planet.	Jährliche Aenderung					
	der Excentricität in Einheiten der 7. Decimale.	der Länge des Perihels		der Länge des aufsteigenden Knotens		der Neigung.
		siderisch.	tropisch.	siderisch.	tropisch.	
Merkur	+ 1·990	+ 5·678	+ 55·914	— 7·593	+ 42·643	+ 0·063
Venus	— 5·397	— 0·774	+ 49·462	— 17·346	+ 32·890	+ 0·045
Erde	— 4·244	+ 11·464	+ 61·700	. .	. .	. .
Mars	+ 9·500	+ 16·006	+ 66·242	— 22·244	+ 27·992	— 0·024
Jupiter	+ 13·162	+ 6·452	+ 56·688	— 13·359	+ 36·877	— 0·200
Saturn	— 24·217	+ 16·779	+ 67·015	— 18·809	+ 31·427	— 0·089
Uranus	— 2·691	+ 2·889	+ 53·125	— 31·494	+ 18·742	+ 0·025
Neptun	+ 0·557	+ 0·778	+ 51·014	— 10·479	+ 39·757	+ 0·336

V.

Name.	Masse in Theilen der		Scheinb. Aequat. Durchmesser, gesehen von der			Wahrer Aequat. Durchmesser	
	Sonnenmasse.	Erdmasse.	Sonne	Erde		in Theilen des Erddurchmessers.	in geograph. Meilen.
			mittlerer	grösster	kleinster		
Merkur	1/4316550	0·08	17·26	12·9	4·5	0·390	670
Venus	1/412150	0·86	22·96	65·2	9·5	0·969	1666
Erde	1/354020	1·00	17·14	. .	. .	1·000	1719
Mars	1/2994800	0·12	6·14	25·6	3·5	0·545	938
Jupiter	1/1047·9	338	38·34	50·7	30·8	11·64	20004
Saturn	1/3501·6	101	18·00	21·5	15·5	10·01	17214
Uranus	1/20900	17	4·28	4·7	3·9	4·79	8226
Neptun	1/20000	18	2·54	2·7	2·4	4·45	7653
Sonne	1	354020	. .	1956·5	1891·9	112·23	193030

VI.

Name.	Oberfläche			Volumen		
	in Theilen der Erdoberfl.	in Millionen □Meil.	in der Oberfläche der Sonne enthalten.	in Theilen des Erdvolums.	in Millionen Kubikmeilen.	im Volumen der Sonne enthalten.
Merkur	0·16	1·41	82930 mal	0.06	157	238810000 mal
Venus	0·94	8·72	13410	0·91	2420	1553400
Erde	1·00	9·28	12590	1·00	2659	1413400
Mars	0·30	2·76	42330	0·16	432	8709000
Jupiter	129·3	1199·8	97	1469·8	3908200	962
Saturn	93·6	869·0	135	905·9	2408800	1561
Uranus	21·4	198·5	589	98·9	263060	14290
Neptun	19·8	184·0	635	88·3	234710	16016
Sonne	12593	116920	1	1413700	3759100000	1

VII.

Name.	Dichte.	Verhältniss der Dichte zu jener des Wassers.	1 Pfd. auf der Oberfläche der Erde wiegt auf	Fallhöhe auf der Oberfläche in der ersten Sekunde.	Die Verminderung der Schwere durch die Rotation beträgt	Rotationszeit.	Geschwindigkeit eines Punktes des Aequators bei d. tägl. Bew. in Par. F.	Abplattung.
				Par. F.				
Merkur	1·403	7·97	0·55	8·2	1/411	24^h 5^m ..^{s}	554	..
Venus	0·956	5·43	0·92	13·9	1/263	23 21 22	1422	..
Erde	1·000	5·68	1·00	15·0	1/289	23 56 4	1432	1/299
Mars	0·737	4·19	0·40	6·1	1/226	24 37 23	759	..
Jupiter	0·232	1·32	2·29	34·6	1/11	9 55 27	40176	1/15
Saturn	0·112	0·64	0·83	12·6	1/6	10 29 17	32715	1/10
Uranus	0·173	0·98	(0·75)	(11·3)	..	*)	..	1/10
Neptun	0·203	1·15	(0·90)	(13·7)	..		..	..
Sonne	0·254	1·44	28·46	429·9	1/46700	25^t 4^h (?)	6370(?)	..

VIII.

Planet.	Mittlere Oppositions-helligkeit.	Durchmesser in geogr. Meilen.	Planet.	Mittlere Oppositions-helligkeit.	Durchmesser in geogr. Meilen.
Ceres	7·4	49·0	Amphitrite	9·1	18·0
Pallas	8·2	34·4	Urania	9·7	11·3
Juno	8·9	23·0	Euphrosyne	11·3	11·2
Vesta	6·5	58·5	Pomona	11·0	7·6
Asträa	9·8	13·0	Polyhymnia	11·3	8·2
Hebe	8·4	21·5	Circe	11·5	4·9
Iris	8·3	21·5	Leucothea	12·1	5·1
Flora	8·8	13·9	Atalante	12·9	4·4
Metis	8·9	16·7	Fides	10·7	10·2
Hygiea	9·5	25·5	Leda	10·9	8·4
Parthenope	9·4	14·0	Lätitia	8·6	27·3
Victoria	10·0	11·5	Harmonia	9·1	22·2
Egeria	9·4	15·8	Daphne	10·2	9·4
Irene	9·6	14·8	Isis	10·9	5·6
Eunomia	8·5	25·5	Ariadne	10·0	7·8
Psyche	9·6	20·0	Nysa	10·7	9·6
Thetis	10·6	8·1	Eugenia	11·6	6·4
Melpomene	9·4	11·5	Hestia	12·5	3·3
Fortuna	9·5	13·3	Aglaja	11·4	8·4
Massalia	9·1	15·3	Doris	11·4	11·6
Lutetia	10·3	9·2	Pales	10·8	9·9
Calliope	10·8	11·3	Virginia	12·4	4·3
Thalia	10·7	9·0	Nemausa	10·4	8·0
Themis	12·1	7·5	Europa	10·5	15·3
Phocäa	10·5	7·9	Calypso	11·5	6·2
Proserpina	10·8	8·9	Alexandra	11·0	8·6
Euterpe	10·2	8·7	Pandora	10·9	9·4
Bellona	10·3	13·0	Melete	11·5	6·1

*) Unter der Annahme der Abplattung, die Mädler für Uranus angibt, findet Houzeau (Bulletin de l'Académie de Bruxelles 1856), dass die Rotationszeit desselben aus theoretischen Gründen zwischen 7½ und 12½ Stunden betragen müsse.

Planet.	Mittlere Oppo-sitions-helligkeit.	Durch-messer in geogr. Meilen	Planet.	Mittlere Oppo-sitions-helligkeit.	Durch-messer in geogr. Meilen.
Mnemosyne	10·9	13·2	Cybele	11·3	13·6
Concordia	11·6	6·4	Maja	12·7	3·7
Elpis	11·3	7·5	Asia	11·6	4·8
Echo	12·2	3·5	Leto	10·3	12·2
Danaë	11·7	8·0	Hesperia	12·0	7·3
Erato	11·8	8·5	Panopäa	11·1	7·6
Ausonia	9·9	10·4	Niobe	10·8	9·8
Angelina	10·3	11·6			

B. Bahn-Elemente der Satelliten.

1. Mond der Erde.

Siderische Umlaufszeit	27t 7h 43m 11s·5
Tropische „	27 7 43 4·7
Synodische „	29 12 44 2·9
Anomalistische Umlaufszeit (von einer Erdnähe zur nächsten)	27·554600t.
Drachenmonat (von Knoten zu Knoten)	27·21222
Mittlere Länge am 0. Jänner 1800, 0h Greenwicher Zeit	335° 43′ 26·″71
Mittlere tägliche tropische Bewegung	13°10′ 35·″028598
Excentricität der Bahn	0.05490807
Länge des Perigeums	225° 23′ 53·″06
Länge des aufsteigenden Knotens der Bahn auf der Ekliptik	33 16 31·15
Mittlere tropische Bewegung des Perigeums in 100 julianischen Jahren im Sinne von West nach Ost 11 Umläufe	109 3 2·46
Mittlere tropische Bewegung des aufsteigenden Knotens in 100 julianischen Jahren im Sinne von Ost und West 5 Umläufe	134 8 59·61
Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik	5 8 39·96
Wahrer Durchmesser des Mondes	469·2 geogr. Meil.
Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik	1° 28′ 25·″
Aequatoreal-Horizontal-Parallaxe in der mittleren Entfernung	57′ 2·″06
Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte der Erde in Erdhalbmessern	60·2778
Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte der Erde in geographischen Meilen	51804·96
Verhältniss zur Erde in der Masse	1/79 667
Fall der Körper auf der Oberfläche in der ersten Sekunde	2·546 Par. Fuss.

2. Satelliten des Jupiter.

I.

Satellit.	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte Jupiters in Halbmessern		Excentricität.	Mittlere Länge 1836 Jan. 0·0 Paris.	Länge des Perijoviums.
	Jupiters.	der Erdbahn.			
I.	5·944	0·002819	unmerklich.	266° 2′ 20″	
II.	9·452	0·004483	»	343 48 49	
III.	15·086	0·007155	0·001348	112 42 4	180° 10′ 7″
IV.	26·535	0·012585	0·007243	9 31 50	241 38 2

II.

Satellit.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung gegen die Bahn Jupiters.	Umlaufszeit. Siderisch.	Umlaufszeit. Tropisch.	Umlaufszeit. Synodisch.
			t	t	t h m
I.	314° 33′ 20″	3° 5′ 24″	1·7691374	1·7691371	1 18 28·6
II.	144 27 48	3 4 25	3·5511806	3·5511793	3 13 17·9
III.	315 2 42	3 0 28	7·1545529	7·1545475	7 3 59·6
IV.	220 51 6	2 40 58	16·6890164	16·6889869	16 18 5·1

III.

Satellit.	Masse in Theilen der Jupitersmasse.	Scheinb. Durchmesser gesehen von Erde in der mittl. Entfernung.	Scheinb. Durchmesser gesehen von Jupiters Centrum.	Wahrer Durchmesser in geogr. Meilen.	Dichte, die Jupiters = 1.	Fall der Körper auf der Oberfläche in Par. Fuss.	Fall gegen Jupiter in 1 Sekunde in Par. Fuss.	Stündliche Bewegung in der Bahn in geogr. Meilen.
I.	0·000016877	1″·015	31′·2	530	0·52	0·92	1·08	8628
II.	0·000023227	0·911	17·6	475	1·00	1·57	0·43	6835
III.	0·000088437	1·488	18·0	776	0·87	2·24	0·17	5415
IV.	0·000042475	1·273	8·8	664	0·67	1·47	0·05	4083

IV.

Satellit.	Jährliche Aenderung der Länge des Perijoviums. Siderisch.	Perijoviums. Tropisch.	aufsteigenden Knotens. Siderisch.	aufsteigenden Knotens. Tropisch.
			° ′ ″	° ′ ″
I.			— 0 0 0·4	+ 0 0 49·8
II.			— 12 4 40·4	— 12 3 50·2
III.	+ 2° 36′ 17·90″	+ 2° 37′ 8·14″	— 2 33 14·5	— 2 32 24·3
IV.	+ 0 41 51·57	+ 0 42 41·81	— 0 41 29·9	— 0 40 39·7

Die Excentricität des III. Trabanten schwankt in einer Periode von 190 Jahren zwischen den Grenzen 0·0008 und 0·0019 auf und ab: das letzte Minimum derselben fiel auf das Jahr 1777 und das nächste Maximum wird im Jahre 1872 eintreten. Auch die Excentricität des IV. Trabanten erleidet periodische Aenderungen, die aber viel kleiner sind als jene des III. Trabanten. Die Neigungen sind durch die gegenseitigen Störungen der Satelliten ebenfalls Schwankungen unterworfen, die jedoch ganz unerheblich bleiben, da sie selbst im Maximum nie einen halben Grad erreichen.

3. Satelliten des Saturn.

I.

Satellit.	Mittlere Entfernung vom Centrum Saturns. In Halbmessern der Erdbahn.	Mittlere Entfernung vom Centrum Saturns. Scheinb. gesehen von der Erde in der mittleren Entfernung.	Excentricität.	Epoche P = Paris G = Greenwich.	Mittlere Länge.
		″			° ′ ″
1. Mimas	0·00124	26·4		1857 Jan. 0·0 G	210
2. Enceladus	0·00159	34·4		1857 Jan. 0·0 G	302
3. Thetis	0·00197	42·60	0·01086	1857 Jan. 0·0 G	281 43 ..
4. Dione	0·00254	54·85	0·00310	1857 Jan. 0·0 G	115 31 ..
5. Rhea	0·00352	76·13	0·00080	1857 Jan. 9·0 G	288 44 ..
6. Titan	0·00817	176·5522	0·0292233	1830 Jan. 0·0 P	125 0 52
7. Hyperion	0·00989	214·0 . . .	0·115. . . .	1848 Sept. 19·76 G	82
8. Japetus	0·02380	514·96 . .	0·028443	1857 Jan. 0·0 G	78 9 ..

II.

Satellit.	Länge des Perisaturniums.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung gegen die Ekliptik.	Siderische Umlaufzeit.
	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	t
1. Mimas				0·942424
2. Enceladus				1·370217
3. Thetis	109 7	167 37	28 10	1·887804
4. Dione	145 4	167 37	28 10	2·736916
5. Rhea	185 0	167 20	28 8	4·517493
6. Titan	244 35 50	167 39 17	27 33 47	15·945427
7. Hyperion	295			21·284 . . .
8. Japetus	349 20 ..	143 1	18 38	79·3294 . .

III.

Satellit.	Jährliche Aenderung der Länge des Perisaturniums. Siderisch.	Jährliche Aenderung der Länge des Perisaturniums. Tropisch.	Jährliche Aenderung d. Länge d. aufsteigenden Knotens. Siderisch.	Jährliche Aenderung d. Länge d. aufsteigenden Knotens. Tropisch.	Jährliche Aenderung der Neigung.
6. Titan	+ 29′ 39″·25	+ 30′ 29″·49	− 14″.70	+ 35″·54	− 0″·25

Die Bahn von Hyperion ist gegen die Ringebene sehr wenig geneigt, scheint aber beträchtlichen Störungen durch Titan ausgesetzt zu sein. Die Aenderungen, welche die Bahnen der Satelliten, ausser der des oben angeführten Titan, erleiden, sind uns noch nicht bekannt.

4. Satelliten des Uranus.

Satellit.	Mittlere Entfernung vom Centrum des Uranus.		Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung gegen die Ekliptik.	Siderische Umlaufszeit.
	In Halbmessern der Erdbahn.	Scheinbare gesehen von der Erde in der mittl. Entf.			
		″			t
1. Ariel	0·00138	14·79			2·520378
2. Umbriel	0·00192	20·61			4·144537
3. Titania	0·00315	33·88	165° 25′	100°34′	8·705844
4. Oberon	0·00420	45·20	165 28	100 34	13·463139

Die Veränderungen der Bahnen der Satelliten durch die Störungen, welche sie auf einander ausüben, sind nicht bekannt; es scheinen jedoch die zwischen Titania und Oberon eine beträchtliche Grösse erreichen zu können.

Ausser diesen vier Satelliten sollen nach Herschel d. ä. noch vier andere vorhanden sein, deren Umlaufszeiten (nach Laplace Exposition du Système du monde) 5t·89, 10t·96, 38t·07 und 107t·69 betragen würden. Dieselben sind aber nach Herschel's, von ihm selbst als unsicher angegebenen Beobachtungen nie wieder gesehen worden, selbst nicht von Lassell, der doch in Malta manchmal die beiden innern, erst von ihm selbst entdeckten, bei vollem Mondlichte erblickte, so dass wohl kaum zu zweifeln ist, dass die von Herschel für Satelliten gehaltenen Sternchen bloss Fixsterne in der Nähe des Uranus gewesen seien.

5. Satellit des Neptun.

Mittlere Entfernung vom Centrum Neptuns.		Epoche Greenw. Zeit.	Mittlere Länge.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung	Siderische Umlaufszeit
In Halbmesser n der Erdbahn.	Scheinbare gesehen von der Erde.					
	″					t
0·00237	16·3	1848 Oct. 30·37	300°	300°	30°	5·8779

Ausser diesem einen constatirten Satelliten vermuthete man früher noch einen zweiten; aber es konnte Lassell bei seinem jetzigen Aufenthalte auf Malta nie eine Spur desselben entdecken, so dass seine Existenz höchst problematisch geworden ist.

Verzeichniss der berechneten Kometen.

Dem folgenden Verzeichnisse liegt der bekannte Olbers-Galle'sche bis 1863 reichende Katalog zu Grunde, dem alle zur Fortführung auf unsere Tage oder sonst für die hier verfolgten Zwecke nöthigen Zusätze und Abänderungen beigefügt wurden.

Wenn die fortlaufende Nummer in Klammern eingeschlossen ist, so bedeutet diess, dass der Komet ein entschieden wiederkehrender und dessen erste Erscheinung unter der betreffenden Nummer zu finden ist.

Länge des Perihels und Knotens gelten in der Regel für das Aequinoctium des Jahres der Erscheinung; Ausnahmfälle sind in den Anmerkungen erwähnt.

Periheldistanz ist das Stück der Grossen Achse zwischen Perihel und Brennpunkt und in Theilen der halben Grossen Erdbahnachse oder der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne zu verstehen.

D heisst directe oder von West nach Ost gerichtete, R retrograde oder von Ost nach West stattfindende Bewegung.

Die Elemente sind überall die neuesten und aus dem grössten Bogen folgenden. Hyperbolische Bahnen und Jahrtausende umfassende Umlaufszeiten sind nicht buchstäblich, sondern als Andeutung zu nehmen, nach welcher Seite hin Abweichungen von der Parabel sich ergaben.

Nr.	Durchgang durch das Perihel. Jahr.	Mittlere Pariser Zeit.		Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Periheldistanz.
	Vor Chr Geb.	Alter Styl.		° °	° °		
1	372	Winter.		150 bis 210	270 bis 330	über 30°	klein
1a	137	April 29.		230	220	20	1·010
			h m s				
1b	69	Juli.		315	165	70	0·79
1c	12	Oct. 8.	19 19 0	280	28	10	0·583
	Nach Chr Geb.			'	'	'	
1d	66	Jänner 14.	5 0 0	325 0	32 40	40 30	0·445
1e	141	März 29.	2 33 0	251 55	12 50	17 0	0·720
1f	240	Nov. 10.	0 0 0	271 0	189 0	44 0	0·372
2	539	Oct. 20.	15 0 0	313 30	58° od. 238°	10 0	0·34125
3	565	Juli 14.	12 0 0	80 0	159 30	59 0	0·832
4	568	August 29.	7 55 10	318 35	294 15	4 8	0·90738
5	574	April 7.	6 52 34	143 39	128 17	46 31	0·96295
6	770	Juni 6.	15 30 58	2 8	88 54	59 31	0·6027
7	837	März 1.	0 0 0	289 3	206 33	10° od. 12°	0·58000
8	961	Dec. 30.	3 59 46	268 3	350 35	79 33	0·5518
9	989	Sept. 17.	0 0 0	264 0	84 0	17 0	0·5683
10	1066	April 1.	0 0 0	264 55	25 50	17 0	0·720
10a	1092	Febr. 15.	0 0 0	156 20	125 40	28 55	0·9281
11	1097	Sept. 21.	21 36 0	332 30	207 30	73 30	0·73845
12	1231	Jänner 30.	7 22 0	134 48	13 30	6 5	0·94776
13	1264	Juli 19.	19 12 0	300 29	140 55	16 29	0·825
14	1299	März 31.	7 38 0	3 20	107 8	68 57	0·31793
15	1301	Oct. 24.	0 0 0	312 0	138 0	13 0	0·640
16	1337	Juni 15.	1 55 12	2 20	93 1	40 28	0·82823
17	1351	Nov. 26.	12 0 0	69 0	unbestimmt	unbestimmt	1·00
18	1362	März 2.	8 0 0	227 0	237 0	32 0	0·47005
18a	1366	Oct. 13.	0 0 0	66 0	212 0	6 0	0·9581
19	1378	Nov. 8.	18 28 48	299 31	47 17	17 56	0·58350
20	1385	Oct. 16.	6 23 46	101 47	268 31	52 15	0·7737
21	1433	Nov. 4.	10 19 12	281 2	133 49	79 1	0·33946
(19)	1456	Juni 8.	22 10 0	301 0	48 30	17 56	0·58552
22	1457	Sept. 3.	17 0 0	92 50	256 5	20 20	2·103
22a	1468	Oct. 7.	9 59 2	356 3	61 15	44 19	0·85328
23	1472	Febr. 28.	5 22 34	48 3	207 32	1 55	0·56457
24	1490	Dec. 24.	11 26 10	58 40	288 45	51 37	0·7376
24a	1491	Jänner 4.	21 45 0	113 0	168 0	75 0	0·755
25	1506	Sept. 3.	16 1 55	250 37	132 50	45 1	0·38598
(19)	1531	August 25.	19 10 0	301 12	45 30	17 0	0·57994
26	1532	Oct. 18.	8 8 0	111 48	87 23	32 36	0·51922
				"	"	"	
27	1533	Juni 14.	21 20 46	217 40	299 19	28 14	0·32686
27a	1556	April 22.	4 35 10	276 6 30	175 13 54	32 25 42	0·49082
28	1558	August 10.	12 34 6	329 49 0	332 36 0	73 29 0	0·57730
29	1577	Oct. 26.	22 53 57	129 42 0	25 20 24	75 9 42	0·17750
30	1580	Nov. 28.	11 59 26	108 26 56	19 6 42	64 33 49	0·60237
31	1582	Mai 6.	10 0 43	256 15 18	229 18 1	60 47 3	0·16833
		Neuer Styl.					
32	1585	Oct. 8.	0 47 5	9 8 26	37 44 15	6 5 52	1·09485

Halbe grosse Achse.	Umlaufszeit in Jahren.	Excentricität.	Richtung der helioc. Beweg.	Name des Entdeckers.	Name des Berechners.	Nr.
			R		Pingré.	1
			R		Peirce.	1a
			D		Peirce.	1b
			R		Hind.	1c
			R		Hind.	1d
			R		Hind.	1e
			D		Burckhardt.	1f
			D		Burckhardt.	2
			R		Burckhardt.	3
			D		Laugier.	4
			D		Hind.	5
			R		Hind.	6
			R		Pingré.	7
			R		Hind.	8
			R		Burckhardt.	9
			R		Hind.	10
			D		Hind.	10a
			D		Burckhardt.	11
			D		Pingré.	12
			D		Hoek.	13
			R		Pingré.	14
			R		Laugier.	15
			R		Laugier.	16
			D		Burckhardt.	17
			R		Burckhardt.	18
			:		Peirce.	18a
			R		Laugier.	19
			R		Hind.	20
			R		Laugier.	21
			R		Pingré.	(19)
			D		Hind.	22
			R		Laugier.	22a
			R	Regiomontanus.	Laugier.	23
			D		Hind.	24
			R		Peirce.	24a
			R		Laugier.	25
17·748	75·0	0·96739	R	Apianus.	Halley.	(19)
			D	Fracastor.	Olbers.	26
			D		Olbers.	27
			D		Hoek.	27a
			R		Olbers.	28
			R	Tycho.	Woldstedt.	29
			D	Moestlin.	Schjellerup.	30
			R	Tycho.	D'Arrest.	31
			D	Wilhelm IV. v. Hessen.	C. A. F. Peters.	32

Nr.	Durchgang durch das Perihel. Jahr.	Mittlere Pariser Zeit.		Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Periheldistanz.
			h m s	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	
33	1590	Febr. 8.	0 48 25	217 57 12	165 36 56	29 29 44	0·56773
34	1593	Juli 18.	13 48 0	176 19	164 15	87 58	0·08911
35	1596	Juli 25.	5 17 59	270 54 35	330 20 49	51 58 10	0·56715
(19)	1607	Oct. 26.	17 20 19	301 38 10	48 40 28	17 12 17	0·58798
36	1618	August 17.	3 12 0	318 20	293 25	21 28	0·51298
37	1618	Nov. 8.	8 34 22	3 5 21	75 44 10	37 11 31	0·38955
38	1652	Nov. 12.	15 50 0	28 18 40	88 10	79 28	0·84750
39	1661	Jänner 26.	21 18 0	115 16 8	81 54	33 0 55	0·44272
40	1664	Dec. 4.	11 45 26	130 42 38	81 15 52	21 18 12	1·02552
41	1665	April 24.	5 25 0	71 54 30	228 2	76 5	0·10649
42	1668	Febr. 28.	19 21 22	277 2	357 17	35 58	0·00479
43	1672	März 1.	8 47 0	46 59 30	297 30 30	83 22 10	0·69740
44	1677	Mai 6.	0 47 0	137 37 5	236 49 10	79 3 15	0.28059
45	1678	August 18.	17 42 40	322 47 37	163 20	2 52	1·14540
46	1680	Dec. 17.	23 55 30	262 49 5	272 9 29	60 40 16	0·00622
(19)	1682	Sept. 14.	19 14 14	301 55 37	51 11 18	17 44 45	0·58289
47	1683	Juli 12.	17 34 36	86 31 15	173 17 48	83 47 46	0·55330
48	1684	Juni 8.	10 26 0	238 52	268 15	65 48 40	0·96015
49	1686	Sept. 16.	14 43 0	77 0 30	350 34 40	31 21 40	0·32500
50	1689	Nov. 29.	4 57 0	269 41	90 25	59 5	0·01893
51	1695	Nov. 9.	17 0 0	60	216	22	0·8436
52	1698	Oct. 18.	17 7 0	270 51 15	267 44 15	11 46 0	0·69129
53	1699	Jänner 13.	8 32 0	212 31 6	321 45 35	69 20 0	0·74400
54	1701	Oct. 17.	10 0 0	133 41	298 41	41 39	0·59263
55	1702	März 13.	14 42 43	138 46 34	188 59 10	4 24 44	0·64683
56	1706	Jänner 30.	5 6 0	72 36 25	13 11 23	55 14 5	0·42686
57	1707	Dec. 11.	23 39 0	79 54 56	52 46 35	88 36 0	0·85975
58	1718	Jänner 14.	21 53 37	121 39 55	127 55 29	31 8 0	1·02543
59	1723	Sept. 27.	15 13 30	42 52 35	14 14 17	50 0 18	0·99878
60	1729	Juni 12.	18 0 0	320 27 36	310 38 0	77 5 18	4·04311
61	1737	Jänner 30.	8 30 0	325 55	226 22	18 20 45	0·22282
62	1737	Juni 8.	7 48 0	262 36 39	123 53 43	39 14 5	0·86700
63	1739	Juni 17.	10 9 0	102 38 40	207 25 14	55 42 44	0·67358
64	1742	Febr. 8.	15 1 0	216 39 20	185 9 30	67 31 40	0·77005
65	1743	Jänner 10.	20 29 37	92 57 51	67 31 57	2 16 16	0·83819
66	1743	Sept. 20.	21 26 3	246 33 52	5 16 25	45 48 21	0·52157
67	1744	März 1.	7 51 30	197 14 36	45 49 27	47 17 38	0·22200
68	1747	März 3.	7 20 0	277 2 0	147 18 50	79 6 20	2·19852
69	1748	April 28.	18 53 30	215 23 29	232 51 50	85 28 23	0·84041
70	1748	Juni 18.	21 27 22	278 47 10	33 8 29	67 3 28	0·62536
71	1757	Oct. 21.	9 23 0	122 36 29	214 7 11	12 41 17	0·33932
72	1758	Juni 11.	3 27 0	267 38	230 50	68 19	0·21535
(19)	1759	März 12.	13 23 55	303 10 28	53 50 27	17 36 52	0·58452
73	1759	Nov. 27.	2 28 20	53 24 20	139 39 24	78 59 22	0·79851
74	1759	Dec. 16.	12 58 12	139 3 52	79 20 24	4 42 10	0·96175
75	1762	Mai 28.	8 11 3	104 2 0	348 33 5	85 38 13	1·00905
76	1763	Nov. 1.	21 4 19	84 57 27	356 17 38	72 34 10	0·49830
77	1764	Febr. 12.	13 51 36	15 14 52	120 4 33	52 53 31	0·55521

Halbe grosse Achse.	Umlaufszeit in Jahren.	Excentricität.	Richtung der helioc. Beweg.	Name des Entdeckers.	Name des Berechners.	Nr.
			R	Tycho.	Hind.	33
			D	Ripensis.	Lacaille.	34
			R		Hind.	35
			R	Harriot.	Bessel.	(19)
			D	Kepler.	Pingré.	36
			D	Kirch.	Bessel.	37
			D	Hevel.	Halley.	38
			D	Hevel.	Méchain.	39
			R		Lindeloef.	40
			R	Hevel.	Halley.	41
			R	Aegidius.	Henderson.	42
			D		Halley.	43
			R	Hevel.	Halley.	44
3·070	5·38	0·626970	D	Lahire.	Le Verrier.	45
426·68	8810	0·999985	D	Kirch.	Encke.	46
18.170	77·5	0·96792	R		Rosenberger.	(19)
33·031	190	0·98325	R	Flamsteed.	Clausen.	47
			D	Bianchini.	Halley.	48
			D		Halley.	49
			R	Richaud.	Vogel.	50
			D	Jacob.	Burckhardt.	51
			R	Lahire.	Halley.	52
			R	de Fontenay.	Lacaille.	53
			R	Pallu.	Burckhardt.	54
			D	Bianchini.	Burckhardt.	55
			D	Cassini.	Struyck.	56
			D	Manfredi.	Lacaille.	57
			R	Kirch.	Argelander.	58
			R		Spörer.	59
			D	P. Sarabat.	Burckhardt.	60
			D		Bradley.	61
			D		Daussy.	62
			R	Zanotti.	Lacaille.	63
			R	Grant.	Barker.	64
			D	Grischow.	Olbers.	65
			R	Klinkenberg.	Klinkenberg.	66
			D	Klinkenberg.	Klinkenberg.	67
			R	Chéseaux.	Lacaille.	68
			R		Lemonnier.	69
			D	Klinkenberg.	Bessel.	70
			D	Bradley.	De Ratte.	71
			D	de la Nux.	Pingré.	72
18·088	76·9	0·96768	R	Palitzsch.	Rosenberger.	(19)
			D	Messier.	Chappe.	73
			R		Chappe.	74
			D	Klinkenberg.	Burckhardt.	75
108.96	1137	0·99543	D	Messier.	Lexell.	76
			R	Messier.	Pingré.	77

Nr.	Durchgang durch das Perihel.			Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Perihel-distanz.
	Jahr.	Mittlere Pariser Zeit.					
			h m s	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	
78	1766	Febr. 17.	8 50 0	143 15 25	244 10 50	40 50 20	0·50532
79	1766	April 26.	23 53 16	251 13	74 11	8 1 45	0·39898
80	1769	Oct. 7.	15 2 43	144 11 29	175 3 59	40 45 50	0·12276
81	1770	August 13.	12 47 57	356 16 27	131 59 34	1 34 31	0·67431
82	1770	Nov. 22.	5 48 0	208 22 44	108 42 10	31 25 55	0·52824
83	1771	April 19.	5 15 40	104 3 16	27 51 55	11 15 19	0·90346
84	1772	Febr. 8.	1 0 0	97 21	263 24	17 39	0·91180
85	1773	Sept. 5.	14 43 9	75 10 58	121 5 30	61 14 17	1·12689
86	1774	August 15.	20 4 42	317 27 40	180 44 34	83 20 26	1·43287
87	1779	Jänner 4.	2 13 41	87 14 27	25 4 10	32 30 57	0·71316
88	1780	Sept. 30.	18 12 50	246 21 18	124 9 19	53 48 15	0·09926
89	1780	Nov. 28.	20 30 19	246 52	141 1	72 3 30	0·51528
90	1781	Juli 7.	4 41 20	239 11 25	83 0 38	81 43 26	0·77585
91	1781	Nov. 29.	12 42 46	16 3 7	77 22 55	27 12 4	0·96099
92	1783	Nov. 19.	22 29 4	50 17 25	55 40 30	45 6 54	1·45929
93	1784	Jänner 21.	4 56 47	80 44 24	56 49 21	51 9 12	0·70786
94	1785	Jänner 27.	7 58 4	109 51 56	264 12 15	70 14 12	1·14341
95	1785	April 8.	9 8 12	297 29 33	64 33 36	87 31 54	0·42730
96	1786	Jänner 30.	21 7 12	156 38	334 8	13 36	0·33482
97	1786	Juli 8.	13 46 31	158 38 30	195 23 32	50 58 33	0·39424
98	1787	Mai 10.	19 58 0	7 44 9	106 51 35	48 15 51	0·34891
99	1788	Nov. 10.	7 34 47	99 8 7	156 56 43	12 27 40	1·06301
100	1788	Nov. 20.	7 25 0	22 49 54	352 24 26	64 30 24	0·75732
101	1790	Jänner 16.	19 7 30	58 24 45	172 50 2	29 44 7	0·74734
102	1790	Jänner 28.	7 45 30	111 44 37	267 8 37	56 58 13	1·06329
103	1790	Mai 20.	11 30	274 57 20	35 14	63 35	0.79100
104	1792	Jänner 13.	12 59 36	36 20 32	190 42 9	39 45 47	1·29257
105	1792	Dec. 27.	7 56 30	135 52 35	283 14 44	49 7 14	0·96683
106	1793	Nov. 4.	20 21	128 42	108 29	60 21	0·40340
107	1793	Nov. 19.	12 6 51	71 37 8	2 17 19	51 54 34	1·50345
(96)	1795	Dec. 21.	10 44 22	156 41 20	334 39 22	13 42 30	0·33442
108	1796	April 2.	19 57 3	192 44 13	17 2 16	64 54 33	1·57816
109	1797	Juli 9.	2 53 52	49 34 42	329 16 30	50 35 50	0·52545
110	1798	April 4.	12 7 37	105 6 57	122 12 21	43 44 42	0·48458
111	1798	Dec. 31.	13 26 24	34 27 27	249 30 30	42 26 4	0·77952
112	1799	Sept. 7.	5 43 25	3 39 10	99 27 19	50 57 30	0·84018
113	1799	Dec. 25.	21 40 10	190 20 12	326 49 11	77 1 38	0·62580
114	1801	August 8.	13 32	183 49	44 28	21 20	0·26170
115	1802	Sept. 9.	21 32 26	332 9 4	310 15 39	57 0 47	1·09411
116	1804	Febr. 13.	14 25 45	149 4 25	176 53 29	56 56 2	1·07501
(96)	1805	Nov. 21.	12 9 11	156 47 24	334 20 10	13 33 30	0·34042
(84)	1806	Jänner 1.	23 32 12	109 32 23	251 15 15	13 38 45	0·90680
117	1806	Dec. 28.	22 10 23	97 3 24	322 23 16	35 2 33	1·08191
118	1807	Sept. 18.	17 53 20	270 54 42	266 47 11	63 10 28	0·64612
119	1808	Mai 12.	23 1 25	69 12 57	322 58 36	45 43 7	0·38986
120	1808	Juli 12.	4 10 49	252 38 50	24 11 15	39 18 59	0·60795
121	1810	Sept. 29.	2 32 52	52 44 42	310 21 2	61 11 15	0·97579
122	1811	Sept. 12.	6 1 53	75 0 34	140 24 44	73 2 21	1·03542

Halbe grosse Achse.	Umlaufszeit in Jahren.	Excentricität.	Richtung der helioc. Beweg.	Name des Entdeckers.	Name des Berechners.	Nr.
			R	Messier.	Pingré.	78
2·934	5·025	0·86400	D	Helfenzrieda.	Burckhardt.	79
63·46	2090	0·99925	D	Messier.	Bessel.	80
3·163	5·626	0·78684	D	Messier.	Le Verrier.	81
			R		Pingré.	82
		1·00937	D	Messier.	Encke.	83
2·822	4·741	0·67692	D	Montagne.	Gauss.	84
			D	Messier.	Burckhardt.	85
		1·02830	D	Montagne.	Burckhardt.	86
			D	Messier.	Zach.	87
			R	Messier.	Méchain.	88
			R	Montagne und Olbers.	Olbers.	89
			D	Méchain.	Méchain.	90
			R	Méchain.	Legendre.	91
3·260	5·888	0·55245	D	Pigott.	C. H. F. Peters.	92
			R	de la Nux.	Méchain.	93
			D	Messier u. Méchain.	Méchain.	94
			R	Méchain.	Méchain.	95
2·208	3·281	0·84836	D	Méchain.	Encke.	96
			D	Caroline Herschel.	Reggio.	97
			R	Méchain.	Saron.	98
			R	Messier.	Méchain.	99
			D	Caroline Herschel.	Méchain.	100
			R	Caroline Herschel.	Saron.	101
			D	Méchain.	Méchain.	102
			R	Caroline Herschel.	Englefield.	103
			R	Caroline Herschel.	Zach.	104
			R	Gregory.	Piazzi.	105
			R	Messier.	Saron.	106
			D	Perny.	D'Arrest.	107
2·213	3·292	0·84888	D	Caroline Herschel.	Encke.	(96)
			R	Olbers.	Olbers.	108
			R	Bouvard u. C.Herschel.	Bouvard.	109
			D	Messier.	Olbers.	110
			R	Bouvard.	Burckhardt.	111
			R	Méchain.	Zach.	112
			R	Méchain.	Méchain.	113
			R	Pons u. Messier.	Burckhardt.	114
			D	Pons u. Méchain.	Olbers.	115
			D	Pons.	Wahl.	116
2·213	3·292	0·84618	D	Bouvard, Pons u. Huth.	Encke.	(96)
3·567	6·737	0·74578	D	Pons.	Gambart.	(84)
		1·0102	R	Pons.	Hensel.	117
143·20	1714	0·99549	D	Parisi.	Bessel.	118
			R	Pons.	Encke.	119
			R	Pons.	Bessel.	120
			D	Pons.	Triesnecker.	121
211·02	3069	0·99549	R	Flaugergues.	Argelander.	122

Nr.	Durchgang durch das Perihel. Jahr.	Mittlere Pariser Zeit.		Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Periheldistanz.
			h m s	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	
123	1811	Nov. 10.	23 55 38	47 27 27	93 1 52	31 17 11	1·58211
124	1812	Sept. 15.	7 40 52	92 18 44	253 1 2	73 57 3	0·77714
125	1813	März 4.	12 47 31	69 56 8	60 48 24	21 13 33	0·69913
126	1813	Mai 19.	12 24 46	197 36 49	42 40 12	81 7 28	1·21529
127	1815	April 25.	23 58 5	149 1 56	83 28 34	44 29 55	1·21285
127a	1816	März 1.	8 27 0	267 35 33	324 14 56	43 5 26	0·04850
127b	1818	Febr. 7.	9 40 44	95 7	250 4	20 2	0·73326
128	1818	Febr. 25.	23 10 10	182 45 22	70 26 11	89 43 48	1·19777
129	1818	Dec. 5.	0 56 11	101 47 30	90 0 51	63 0 24	0·85498
(96)	1819	Jänner 27.	6 18 14	156 59 12	334 33 19	13 36 54	0·33525
130	1819	Juni 27.	17 1 30	287 5 5	273 43 44	80 45 53	0·34105
131	1819	Juli 18.	21 45 39	274 40 51	113 10 46	10 42 48	0·77364
132	1819	Nov. 20.	6 2 55	67 18 48	77 13 57	9 1 16	0·89256
133	1821	März 21.	13 2 0	239 29 25	48 40 56	73 33 7	0·09182
134	1822	Mai 5.	14 42 0	192 43 51	177 26 56	53 37 24	0·50441
(96)	1822	Mai 23.	23 16 1	157 11 44	334 25 9	13 20 17	0·34597
135	1822	Juli 16.	0 44 23	219 53 48	97 51 23	37 43 4	0·84612
136	1822	Oct. 23.	18 37 50	271 40 17	92 44 42	52 39 10	1·14507
137	1823	Dec. 9.	10 48 50	274 34 30	303 3 0	76 11 57	0·22650
138	1824	Juli 11.	12 28 1	260 16 32	234 19 9	54 34 19	0·59126
139	1824	Sept. 29.	1 45 2	4 32 6	279 16 44	54 35 32	1·04984
140	1825	Mai 30.	13 16 0	273 55 1	20 6 8	56 41 6	0·88912
141	1825	Aug. 18.	8 48 11	9 47 54	193 4 52	88 29 39	0·88349
(96)	1825	Sept. 16.	6 42 39	157 14 31	334 27 30	13 21 24	0·34486
142	1825	Dec. 10.	16 31 14	318 46 41	215 43 14	33 32 39	1·24085
(84)	1826	März 18.	10 2 54	109 45 50	251 28 12	13 33 51	0·90252
143	1826	April 21.	22 11 17	116 59 28	197 36 34	40 0 26	2·00790
144	1826	April 29.	1 5 34	35 48 13	40 29 13	5 17 2	0·18818
145	1826	Oct. 8.	23 0 35	57 48 24	44 6 28	25 57 18	0·85281
146	1826	Nov. 18.	9 57 16	315 29 39	235 6 11	89 22 9	0·02689
147	1827	Febr. 4.	22 16 25	33 30 16	184 27 49	77 35 35	0·50652
148	1827	Juni 7.	20 20 36	297 31 42	318 10 28	43 38 45	0·80815
149	1827	Sept. 11.	16 47 5	250 57 12	149 39 11	54 4 42	0·13784
(96)	1829	Jänner 9.	18 3 28	157 17 53	334 29 32	13 20 34	0·34554
150	1830	April 9.	6 52 51	212 11 38	206 21 36	21 16 27	0·92143
151	1830	Dec. 27.	16 0 19	310 59 19	337 53 7	44 45 30	0·12589
(96)	1832	Mai 3.	23 34 6	157 21 1	334 32 9	13 22 9	0·34347
152	1832	Sept. 25.	12 40 24	227 55 36	72 26 42	43 18 3	1·18360
(84)	1832	Nov. 26.	1 39 7	109 52 55	248 13 33	13 10 25	0·87934
153	1833	Sept. 10.	4 57 59	222 56 46	323 9 23	7 19 39	0·45875
154	1834	April 2.	16 4 32	276 33 49	226 48 52	5 56 52	0·51503
155	1835	März 27.	13 59 32	207 42 55	58 19 46	9 7 39	2·04131
(96)	1835	Aug. 26.	8 48 53	157 23 29	334 34 59	13 21 15	0·34444
(19)	1835	Nov. 15.	22 41 22	304 31 32	55 9 59	17 45 5	0·58657
(96)	1838	Dec. 19.	0 26 59	157 27 4	334 36 41	13 21 28	0·34404
156	1840	Jänner 4.	10 23 3	192 11 50	119 57 46	53 5 32	0·61845
157	1840	März 12.	23 55 53	80 18 10	236 49 6	59 13 20	1·22140
158	1840	April 2.	12 2 48	324 12 27	186 2 45	79 51 52	0·74833

Halbe grosse Achse.	Umlaufszeit in Jahren.	Excentricität.	Richtung der helloc. Beweg.	Name des Entdeckers.	Name des Berechners.	Nr.
91·51	875	0·98271	D	Pons.	Nicolai.	123
17·095	71	0·95454	D	Pons.	Encke.	124
			R	Pons.	Nicollet.	125
			R	Pons.	Ferrer.	126
17·634	74	0·93122	D	Olbers.	Bessel.	127
			D	Pons.	Burckhardt.	127a
			D	Pons.	Pogson.	127b
			D	Pons.	Encke.	128
		1·01162	R	Pons, Bessel.	Rosenberger u. Scherk	129
2·214	3·295	0·84858	D	Pons.	Encke.	(96)
			D	Tralles.	Brinkley.	130
3·160	5·618	0·75519	D	Pons.	Encke.	131
2·849	4·810	0·68675	D	Blanpain, Pons.	Encke.	132
			R	Nicollet und Pons.	Rosenberger.	133
			R	Gambart und Pons.	Nicollet.	134
2·224	3·318	0·84446	D		Encke.	(96)
			R	Pons.	v. Heiligenstein.	135
309·65	5449	0·99630	R	Pons.	Encke.	136
			R	Köhler.	Encke.	137
			R	Rümker.	Rümker.	138
			D	Scheithauer.	Encke.	139
			R	Gambart.	Clausen.	140
			D	Pons nnd Harding.	Olbers.	141
2·223	3·315	0·84489	D		Encke.	(96)
267·95	4386	0·99537	R	Pons und Biela.	Hansen.	142
3·56	6·720	0·74657	D	Biela und Gambart.	Santini.	(84)
			D	Pons.	Nicolai.	143
			R	Flaugergues.	Clüver.	144
			D	Pons und Gambart.	Argelander.	145
			R	Pons, Clausen, Gambart.	Gambart.	146
			R	Pons.	v. Heiligenstein.	147
			R	Pons und Gambart.	v. Heiligenstein.	148
189·62	2611	0·99927	R	Pons.	Clüver.	149
2·224	3·316	0·84462	D		Encke.	(96)
			D	D'Abbadie.	Carlini.	150
			R	Herapath.	Wolfers.	151
2·222	3·312	0·84541	D		Encke.	(96)
			R	Gambart u. Harding.	E. Bouvard.	152
3·537	6·652	0·75138	D		Nicolai.	(84)
			D	Dunlop.	Hartwig.	153
			D	Gambart u. Dunlop.	Petersen.	154
			R	Boguslawski.	W. Bessel.	155
2·223	3·314	0·84504	D		Encke.	(96)
17·99	76·29	0·96739	R		Westphal.	(19)
2·222	3·313	0·84518	D		Encke.	(96)
		1·00021	D	Galle.	C. A. F. Peters u. O. Struve.	156
577·11	13864	0·99788	R	Galle.	Plantamour.	157
			D	Galle.	Rümker.	158

Nr.	Durchgang durch das Perihel.			Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Periheldistanz.
	Jahr.	Mittlere Pariser Zeit.					
			h m s	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	
159	1840	Nov. 13.	15 37 16	22 31 40	248 56 22	57 57 23	1·48084
(96)	1842	April 12.	0 35 30	157 29 27	334 39 10	13 20 26	0·34501
160	1842	Dec. 15.	23 7 32	327 17 32	207 49 39	73 34 4	0·50443
161	1843	Febr. 27.	10 0 30	278 40 17	1 14 55	35 40 39	0·00554
162	1843	Mai 6.	0 42 54	281 27 48	157 14 51	52 44 1	1·61583
163	1843	Oct. 7.	3 42 16	49 34 19	209 29 19	11 22 31	1·69258
164	1844	Sept. 2.	11 37 30	342 30 48	63 49 38	2 54 46	1·18642
165	1844	Oct. 17.	8 24 36	180 24 3	31 39 6	48 36 1	0·85539
166	1844	Dec. 13.	16 21 2	296 2 18	118 19 22	45 38 47	0·25172
167	1845	Jänner 8.	4 7 40	91 20 22	336 41 13	46 50 39	0·90524
168	1845	April 21.	0 53 58	192 33 19	347 6 45	56 23 36	1·25468
169	1845	Juni 5.	16 19 5	262 2 56	337 48 56	48 41 59	0·40163
(96)	1845	Aug. 9.	15 11 11	157 44 21	334 19 33	13 7 34	0·33814
170	1846	Jänner 22.	2 24 32	89 6 22	111 8 26	47 26 6	1·48070
(84)A	1846	Febr. 10.	23 59 31	109 2 53	245 54 15	12 34 53	0·85645
(84)B	1846	Febr. 11.	1 59 0	109 2 54	245 54 17	12 34 55	0 85647
171	1846	Febr. 25.	9 8 1	116 28 15	102 40 58	30 55 53	0·65010
172	1846	März 5.	13 18 7	90 27 19	77 33 26	85 6 12	0·66374
173	1846	Mai 27.	22 6 17	82 32 57	161 18 49	57 35 50	1·37627
174	1846	Juni 1.	2 40 11	239 49 51	260 12 25	31 2 14	1·53767
175	1846	Juni 5.	11 39 26	162 5 40	261 52 51	29 18 47	0·63370
176	1846	Oct. 29.	22 9 18	98 47 15	4 38 18	49 39 3	0·82939
177	1847	März 30.	6 58 50	276 2 22	21 42 52	48 38 50	0·04259
178	1847	Juni 4.	16 43 33	141 37 10	173 57 40	79 33 42	2·11513
179	1847	Aug. 9.	10 46 13	246 41 34	338 17 31	83 27 1	1·76717
180	1847	Aug. 9.	8 26 14	21 17 30	76 43 22	32 38 47	1·48479
181	1847	Sept. 9.	13 10 52	79 12 6	309 48 49	19 8 25	0·48786
182	1847	Nov. 14.	9 45 59	274 12 57	190 49 53	71 50 56	0·32903
183	1848	Sept. 8.	1 14 37	310 34 39	211 32 29	84 24 50	0·31993
(96)	1848	Nov. 26.	2 55 56	157 47 8	334 22 12	13 8 36	0·33703
184	1849	Jänner 19.	8 30 12	63 14 15	215 12 54	85 2 54	0·95973
185	1849	Mai 26.	12 10 43	235 43 35	202 32 56	67 9 24	1·15932
186	1849	Juni 8.	5 2 36	267 6 8	30 32 0	66 55 19	0 89439
187	1850	Juli 23.	12 49 37	273 25 5	92 53 28	68 11 24	1·08145
188	1850	Oct. 19.	8 19 35	89 13 54	205 59 24	40 5 37	0·56546
(163)	1851	April 1.	19 29 25	49 41 25	209 31 7	11 21 39	1·69963
189	1851	Juli 8.	16 24 51	322 54 42	148 23 37	13 55 8	1·17337
190	1851	Aug. 26.	5 47 13	310 58 49	223 40 33	38 9 2	0·98430
191	1851	Sept. 30.	19 21 15	338 45 18	44 25 37	73 59 44	0·14138
(96)	1852	März 14.	17 22 9	157 51 2	334 23 21	13 7 54	0·33745
192	1852	April 20.	15 24 27	278 42 18	317 29 30	49 11 8	0·91286
(84)A	1852	Sept. 23.	17 36 47	109 8 17	245 51 26	12 33 16	0·86060
(84)B	1852	Sept. 23.	1 30 57	109 8 16	245 51 28	12 33 19	0·86062
193	1852	Oct. 12.	18 10 25	43 13 42	346 10 0	40 55 0	1·24996
194	1853	Febr. 24.	0 16 4	153 43 20	69 34 4	20 15 8	1·09213
195	1853	Mai 9.	19 58 41	201 44 37	40 57 37	57 49 3	0·90869
196	1853	Sept. 1.	17 3 46	310 56 59	140 31 22	61 30 11	0·30700
197	1853	Oct. 16.	14 41 5	302 14 53	220 5 52	60 59 44	0·17267

Halbe grosse Achse.	Umlaufszeit in Jahren.	Excentricität.	Richtung der helioc. Beweg.	Name des Entdeckers.	Name des Berechners.	Nr.
49·121	344	0·96985	D	Bremiker.	Götze.	159
2·223	3·314	0·84479	D		Encke.	(96)
			R	Laugier.	Petersen.	160
65·71	533	0·999916	R		Hubbard.	161
			D	Mauvais.	Götze.	162
3·812	7·442	0·55596	D	Faye.	Le Verrier.	163
3·100	5·459	0·61737	D	de Vico.	Brünnow.	164
			R	Mauvais, d'Arrest.	Plantamour.	165
		1·00035	D		Bond.	166
			D	d'Arrest.	Hind.	167
			D	de Vico, Faye.	Faye.	168
39·66	249·8	0·98987	R	Colla.	d'Arrest.	169
2·216	3·300	0·84744	D		Encke.	(96)
194·90	2721	0·99240	D	de Vico.	Jelinek.	170
3·520	6·603	0·75666	D		Hubbard.	(84) A
3·519	6·601	0·75661	D		Hubbard.	(84) B
3·146	5·581	0·79339	D	Brorsen.	Brünnow.	171
17·58	73·7	0·96225	D	de Vico.	Peirce.	172
			R	de Vico, Hind.	Argelander.	173
6·321	15·89	0·75672	D	C. H. F. Peters.	d'Arrest.	174
62·99	500	0·98994	R	Brorsen.	Oudemanns.	175
123	1390	0·99331	D	de Vico.	Quirling.	176
489	10818	0·99991	D	Hind.	Hornstein.	177
			R	Colla.	Gautier.	178
			R	Mauvais.	v. Littrow.	179
			R	Schweizer.	Schweizer.	180
17·8	75	0·97256	D	Brorsen.	d'Arrest.	181
		1·00013	R	Miss Mitchell.	Rümker.	182
			R	Petersen.	Sonntag u. Quirling.	183
2·215	3·296	0·84783	D		Encke.	(96)
			D	Petersen.	Petersen u. Sonntag.	184
			D	Goujon.	Weyer.	185
412	8375	0·99783	D	Schweizer.	d'Arrest.	186
940	28800	0·99885	D	Petersen.	Carrington.	187
			D	Bond.	Vogel.	188
3·819	7·462	0·55492	D		Le Verrier.	(163)
3·444	6·390	0·65927	D	d'Arrest.	Villarceau.	189
313	5550	0·99686	D	Brorsen.	Brorsen.	190
			D	Brorsen.	Götze u. Sonntag.	191
2·215	3·297	0·84766	D		Encke.	(96)
		1·05250	D	Chacornac.	Hartwig.	192
3·526	6·621	0·75592	D		Hubbard.	(84) A
3·525	6·619	0 75587	D		Hubbard.	(84) B
15·44	60·7	0·91903	D	Westphal.	Westphal.	193
			R	Secchi.	Hornstein.	194
85·1	785	0·98932	R	Schweizer.	Rümker.	195
			D	Klinkerfues.	Stockwell.	196
		1·00123	R	Bruhns.	d'Arrest.	197

Nr.	Durchgang durch das Perihel. Jahr.	Mittlere Pariser Zeit.	h m s	Länge des Perihels. ° ′ ″	Länge des aufsteigenden Knotens. ° ′ ″	Neigung. ° ′ ″	Periheldistanz.
198	1854	Jänner 3.	22 35 57	56 6 35	227 2 48	66 6 47	2·04465
199	1854	März 24.	0 30 2	213 49 14	315 27 27	82 32 43	0·27705
200	1854	Juni 22.	0 5 8	273 5 23	347 39 43	71 18 59	0·64811
201	1854	Oct. 27.	12 22 25	94 24 18	324 28 31	40 54 38	0·79870
202	1854	Dec. 15.	17 20 48	165 9 25	238 7 54	14 8 50	1·35755
203	1855	Febr. 5.	1 17 32	226 37 34	189 43 33	51 24 19	2·19353
204	1855	Mai 30.	3 41 42	237 42 25	260 18 53	23 6 50	0·56676
(96)	1855	Juli 1.	4 49 0	157 53 12	334 26 24	13 8 9	0·33710
205	1855	Nov. 25.	9 34 46	86 1 57	51 33 38	10 11 11	1·23099
206	1857	März 21.	9 0 49	74 44 2	313 9 19	87 56 1	0·77249
(171)	1857	März 29.	5 35 59	115 43 32	101 46 29	29 48 59	0·62058
207	1857	Juli 17.	23 42 31	249 36 1	23 41 28	58 57 1	0·36748
208	1857	Aug. 24.	0 4 19	21 46 51	200 49 16	32 46 24	0·74684
209	1857	Sept. 30.	21 16 26	250 7 38	14 57 48	56 3 21	0·56290
210	1857	Nov. 19.	1 52 0	44 13 16	139 18 42	37 48 55	1·00900
(189)	1857	Nov. 28.	4 39 19	323 4 52	148 28 46	13 56 1	1·16999
(102)	1858	Febr. 23.	12 43 41	115 51 35	269 3 13	54 24 10	1·02550
(131)	1858	Mai 2.	0 57 52	275 40 31	113 34 5	10 48 12	0·76894
211	1858	Mai 2.	7 51 58	195 58 44	170 42 56	22 59 49	1·20969
212	1858	Juni 5.	7 15 0	226 6 5	324 58 8	80 2 42	0·55426
(163)	1858	Sept. 12.	20 54 53	49 50 8	209 39 49	11 22 10	1·69420
213	1858	Sept. 29.	23 19 13	36 12 38	165 19 22	63 1 47	0·57849
214	1858	Oct. 12.	20 9 25	4 12 25	159 46 27	21 17 5	1·42669
(96)	1858	Oct. 18.	8 50 58	157 57 30	334 28 34	13 4 15	0·34072
215	1859	Mai 29.	5 34 59	75 20 31	357 20 44	84 31 44	0·20103
216	1860	Febr. 16.	16 18 50	173 45 21	324 3 25	79 35 54	1·19734
217	1860	März 5.	13 43 42	50 5 10	8 52 32	48 13 6	1·30666
218	1860	Juni 16.	1 35 2	161 31 59	84 40 4	79 18 34	0·29290
219	1860	Sept. 28.	6 58 26	111 59	104 14	28 14	0·954
220	1861	Juni 3.	9 30 50	243 22 1	29 55 42	79 45 31	0·92070
221	1861	Juni 11.	12 16 44	249 4 4	278 57 59	85 26 25	0·82236
222	1861	Dec. 7.	4 16 45	173 31 22	145 6 29	41 58 32	0·83901
(96)	1862	Febr. 6.	3 50 22	158 0 50	334 30 50	13 5 0	0·33990
223	1862	Juni 22.	0 53 20	299 20 27	326 32 54	7 54 26	0·98134
224	1862	Aug. 22.	22 2 52	344 41 26	137 26 53	66 25 33	0·96264
225	1862	Dec. 28.	5 4 18	125 11 31	355 46 2	42 28 37	0·80324
226	1863	Febr. 3.	11 55 14	191 22 41	116 55 33	85 21 56	0·79476
227	1863	April 4.	22 4 17	247 15 16	251 15 59	67 22 5	1·06820
228	1863	April 20.	20 48 43	305 47 24	250 10 39	85 29 29	0·62882
229	1863	Nov. 9.	11 50 6	94 43 16	97 29 26	78 5 2	0·70660
230	1863	Dec. 27.	18 29 4	60 24 28	304 43 26	64 28 46	0·77151
231	1863	Dec. 29.	5 12 2	183 8 10	105 1 54	83 18 58	1·31305
232	1864	Juli 27.	17 59 50	185 31 54	174 51 6	45 1 19	0·66399
233	1864	Aug. 15.	13 29 3	304 13 11	95 12 13	1 52 11	0·90926
234	1864	Oct. 11.	7 55 27	159 30 2	31 43 27	70 13 36	0·93377
235	1864	Dec. 22.	11 16 52	321 42 31	203 13 12	48 52 20	0.77087
236	1864	Dec. 27.	17 39 2	162 22 55	340 53 53	17 7 14	1·11454
237	1865	Jänner 14.	8 20 44	141 15 37	253 3 16	87 32 20	0·02601

Halbe grosse Achse.	Umlaufszeit in Jahren.	Excentricität.	Richtung der helioc. Beweg.	Name des Entdeckers.	Name des Berechners.	Nr.
			R	Van Arsdale.	Rzepecki.	198
			R		Mathieu.	199
			R	Klinkerfues.	Winnecke u. Pape.	200
119·6	1309	0·99332	D	Klinkerfues.	Lesser.	201
99·8	997	0·98640	D	Winnecke, Dien.	Adam.	202
63	500	0·96519	R	Schweizer.	Tiele.	203
			R	Donati.	Schu'ze.	204
2·215	3·295	0·84779	D		Encke.	(96)
			R	Bruhns.	Schulze.	205
			D	d'Arrest.	Loewy.	206
3·139	5·562	0·80231	D	Bruhns.	d'Arrest.	(171)
367	7040	0·99900	R	Klinkerfues.	Villarceau.	207
38·05	235	0·98037	D	C. H. F. Peters.	Moeller.	208
182	2463	0·99691	R	Klinkerfues.	Linsser.	209
335	6143	0·99699	R	Donati, van Arsdale.	Auwers.	210
3·440	6·380	0·65987	D		Villarceau.	(189)
5·726	13·70	0·82090	D	Tuttle.	Bruhns.	(102)
3·139	5·56	0·75502	D	Winnecke.	Seeling.	(131)
			D	Tuttle.	Watson.	211
			R	Bruhns.	Auwers.	212
3·813	7·445	0·55565	D		Moeller.	(163)
152·3	1880	0·99620	R	Donati.	Asten.	213
330	6000	0·99568	R	Tuttle.	Weiss.	214
2·218	3·304	0·84639	D		Encke.	(96)
			R	Tempel.	Hertzsprung.	215
			D	Liais.	Liais.	216
			D	Rümker.	Gyldèn.	217
			D		Moesta.	218
			R	Tempel.	Valz.	219
55·68	415	0·98346	D	Thatcher.	Oppolzer.	220
56·1	420	0·98533	D	Tebbutt.	Seeling.	221
			R	Tuttle.	Safford.	222
2·217	3·302	0·84671	D		Encke.	(96)
			R	Schmidt, Tempel.	Seeling.	223
24·85	124	0·96127	R	Tuttle.	Oppolzer.	224
			R	Respighi.	Krahl.	225
			D	Bruhns.	Engelmann.	226
			R	Klinkerfues.	Oppolzer.	227
			D	Respighi.	Frischauf.	228
			D	Tempel.	Oppolzer.	229
			D	Respighi.	Weiss.	230
			D	Baecker.	Engelmann.	231
			R	Donati.	Valentiner.	232
			R	Tempel.	Kowalczyk.	233
			R	Donati u Toussaint.	Engelmann.	234
			D	Baecker.	Tietjen.	235
			R	Bruhns.	Engelmann.	236
			R		Tebbutt.	237

Bemerkungen zum vorhergehenden Verzeichnisse.

Nr.

1. 372 v. Chr. Das Jahr der Erscheinung ist nicht ganz festgestellt.

1a. 1b. Sehr unsichere Bahnen. Die Länge des Perihels und Knotens gilt für das Aequinoctium von 1850.

1c. 12 v. Chr. Eine von der hier gegebenen sehr abweichende Bahn hat Peirce berechnet; doch soll dieselbe nach Hind die vorhandenen Beobachtungen nicht darstellen. Der letztere hält diesen Kometen für die erste beglaubigte Erscheinung des Halley'schen, da mit Ausnahme der Neigung, die bis zu jener fernen Epoche durch planetarische Störungen recht leicht verringert worden sein kann, nicht nur alle Elemente des für die damalige Zeit sehr gut beobachteten Kometen denen des Halley'schen sehr ähneln, sondern auch um jene Zeit der letztere das Perihel passiren musste.

1d. 66 n. Chr. Ausser der hier mitgetheilten Bahn genügen den Angaben über diesen Kometen auch die Elemente des Halley'schen, wenn man die Perihelzeit auf den 26. Jänner verlegt, wesshalb ihn Hind für eine Erscheinung desselben ansieht.

1e. 141. Die Elemente sind denen des Halley'schen Kometen wieder so ähnlich, dass an einer Identität beider kaum gezweifelt werden kann.

1f. 240.
2. 539.
3. 565. } Sehr unsichere Bahnen, sämmtlich nach ungenauen chinesischen Beobachtungen berechnet.

4. 568.
5. 574.
6. 770.
7. 837.
8. 961. } Aus chinesischen Beobachtungen, die grösstentheils von E. Boit in der Connaissance des temps für 1846 bekannt gemacht wurden.

9. 989. Nach Hind abermals eine Erscheinung des Halley'schen Kometen, bei welcher der Periheldurchgang auf den 12. September fiel. Die zehn, zwischen 141 [Nr. 1e] und 989 liegenden Zurückkünfte zum Perihel sollen nach Hind eingetreten sein im Jahre 218 April 6; 295 Anfang April; 373 Anfang November; 451 Juli 3 12^h; 531 und 608 Anfang November; 684 im October; 760 Juni 11; 837 und 912 Anfang April. In der That erwähnen die chinesischen Annalen, und zum Theil auch die europäischen Chroniken Erscheinungen bedeutender Kometen in diesen Jahren; allein die Angaben sind zu dürftig, als dass Bahnrechnungen darauf gegründet werden könnten; es musste sich daher Hind mit dem Nachweise begnügen, dass die Elemente des Halley'schen Kometen unter Annahme der oben gegebenen Perihelzeiten, den spärlichen auf uns gekommenen Nachrichten über diese Kometen genügen.

10. 1066. Eine sehr unsichere Bahn, die jedoch viel Aehnlichkeit mit der des Halley'schen Kometen hat, und derselben ohne den Beobachtungen dieses Jahres Zwang anzuthun, so sehr genähert werden kann, dass die Identität beider kaum einem Zweifel unterliegt.

10a.
11.
12. } Aus chinesischen Beobachtungen.

13. 1264. Ein sehr heller Komet, dessen früher vermuthete Identität mit dem Kometen des Jahres 1556 [Nr. 27a] durch die Untersuchungen von Hoek sehr unwahrscheinlich geworden ist.

Nr.
15. 1301. Die chinesischen Beobachtungen werden auch durch die Elemente des Haley'schen Kometen vollkommen dargestellt, wenn man den Periheldurchgang auf October 22. 16h setzt.
17. 1351.
18. 1362. } Sehr unsichere Bahnen.
18a. Die Länge des Perihels und Knotens gilt für 1850.
19. 1378. Der Halley'sche Komet. Ausser den hier gegebenen Noten zu den Kometen Nr. 1c, 1d, 1e, 9, 10 und 15 sind ausführlichere Mittheilungen enthalten p. 510–523 des Textes.
23. 1472. Nach den Beobachtungen von Regiomantanus berechnet. Laugier's Bahn stimmt sowohl mit den europäischen als chinesischen Beobachtungen, und stellt auch den Umstand gut dar, dass der Komet am 21. Jänner bei einer Entfernung von nur 0·033 von der Erde in einem Tage 40° durchlief.
24a. 1491. Länge des Perihels und Knotens beziehen sich auf das Aequinoctium von 1850.
27. 1533. Sehr unsichere Bahn.
28. 1558. Aus Beobachtungen des Landgrafen von Hessen berechnet.
29. 1577.
30. 1580. } Berechnet aus Tycho's Beobachtungen.
31. 1582. Eine sehr unsichere Bahn, da sich dieselbe nur auf drei Beobachtungen Tycho's gründet, welche innerhalb eines Zeitraumes von fünf Tagen angestellt wurden.
32. 1585. Aus Tycho's und Rothmann's Beobachtungen. Die früher vermuthete kurze Umlaufszeit von 5½ Jahren und Identität mit dem ersten Kometen des Jahres 1844 [Nr. 164] sind von Le Verrier als unhaltbar nachgewiesen.
33. 1590. Von Tycho beobachtet, der dessen Schweif in einer Nacht (5. März) von 4° 30′ bis 7° wachsen sah.
39. 1661. Pingré hielt diesen Kometen für identisch mit dem des Jahres 1532 [Nr. 26]. Darnach hätte er um das Jahr 1790 wieder erscheinen sollen; um jene Zeit wurde jedoch kein Gestirn gesehen, das mit ihm hätte identificirt werden können.
40. 1664. Soll am 17. November zuerst in Spanien gesehen worden sein, und konnte, obwohl er dem freien Auge schon im Anfange Februar verschwand, noch bis 20. März beobachtet werden, da man in jenen Jahren schon anfing, Fernröhre bei der Beobachtung anzuwenden. Zu Anfang seiner Erscheinung stand er fast in Opposition mit der Sonne, und überdiess die Erde nahezu in der Ebene seiner Bahn, desshalb ward von seinem Schweife wenig wahrgenommen. Aber später nahm die scheinbare und auch die wahre Länge desselben bedeutend zu, von 4 Mill. bis 26 Mill. Meilen. Hevel beschreibt ihn am 28. December als sehr breit, wie eine Pfauenfeder, und nur etwa doppelt so lang als breit; eine Folge seiner Stellung gegen Erde und Sonne.
42. 1668. Ein sehr grosser Komet, dessen Bahn jedoch sehr unsicher ist. Die hier verzeichnete wurde von Henderson unter Voraussetzung der Identität mit dem grossen im März 1843 [Nr. 161] gesehenen Kometen berechnet.
45. 1678. Nur aus den Beobachtungen Lahire's, die kaum mehr als Schätzungen sind, bekannt. Le Verrier und Brünnow halten diesen Kometen für identisch mit dem ersten des Jahres 1844 [Nr. 165].
46. 1680. Dieser seiner Grösse wegen berühmte Komet wurde am 14. November von Gottfried Kirch in Gotha entdeckt. Encke hat seine Bahn aus den vorhandenen Beobachtungen mit aller Sorgfalt berechnet und gefunden, dass die Umlaufszeit mehrere Jahrtausende übersteigen müsse, und daher Halley's Vermuthung, er habe eine Umlaufszeit von nur 575 Jahren unstatthaft sei. Sein ungeheurer Schweif von 80° scheinbarer Länge war schmal, lang gestreckt und gerade; die wahre Länge betrug mehr als 10 Mill. Meilen. Dieser Komet brachte den Pastor Dörfel in Plauen zuerst auf eine richtige Vorstellung von der Gestalt der Kometenbahnen, indem er sie für Parabeln erklärte, in deren einem Brennpunkte die Sonne sich befindet. Der Komet zeigte ähnliche Lichterscheinungen wie der Halley'sche im Jahre 1835.
60. 1729. Unter allen uns bekannten Kometen blieb dieser im Perihel am weitesten von der Sonne entfernt. Er wurde von P. Sarabat in Nismes am 31. Juli entdeckt, als seine Distanz von der Erde 65 Mill. Meilen betrug; bei den letzten Beobachtungen von Cassini am 18. Jänner 1730 war dieselbe aber auf etwa 90 Mill. Meilen gestiegen. Kein Komet, selbst der von 1811 nicht,

Nr.

konnte bis in diese Fernen verfolgt werden', woraus man schliessen muss, dass er in Wirklichkeit der grösste von allen, die jemals der Erde zu Gesichte kamen, gewesen sei. Er hatte keinen Schweif.

65. 1743. Obwohl die Beobachtungen sehr unsicher sind, zeigen sie deutliche Spuren von Ellipticität. Clausen und Olbers halten daher diesen Kometen für identisch mit dem vierten des Jahres 1819 [Nr. 132] und die in der Zwischenzeit erfolgte erhebliche Bahnänderung für eine Folge der Jupiterstörungen.

67. 1744. Zeigte Lichterscheinungen, ähnlich denen, die Bessel 1835 am Halley'schen Kometen beobachtete.

(19). 1759. Die berühmte im Voraus angekündigte Wiedererscheinung des Halley'schen Kometen, die erste, bei der eine solche Vorhersage überhaupt gelang.

79. 1766 hält Clausen für identisch mlt dem dritten Kometen von 1819 [Nr. 131], der im Jahre 1858 als ein periodischer erkannt wurde.

80. 1769. Diesen schönen Kometen entdeckte Messier am 8. August, und beobachtete ihn bis 1. December. Gegen Mitte September entfaltete sich ein prachtvoller Schweif, dessen Länge man in den Tropengegenden auf 90° schätzte.

81. 1770. Dieser in theoretischer Beziehung höchst interessante Komet ist allgemein unter dem Namen des Lexell'schen bekannt, weil Lexell in Petersburg zuerst nachwies, dass er eine bis dahin ungeahnt kurze Umlaufszeit von 5 Jahren 7 Monaten besitze. Das Nähere über die zweimalige Umgestaltung seiner Bahn durch Störungen Jupiters sehe man p. 504 d. T.

84. 1772. Erste bekannte Erscheinung des Biela'schen Kometen. Siehe p. 525 ff. d. T.

96. 1786. Erste bekannte Erscheinung des Encke'schen Kometen, welcher unter allen bisher aufgefundenen die kürzeste Umlaufszeit besitzt. Näheres über ihn p. 523 ff. d. T.

102. 1790. Wurde als ein periodischer Komet mit 13¾ Jahren Umlaufszeit erkannt, als er im Jahre 1858 nach 5 unbemerkt vorübergegangenen Rückkünften zum zweiten Male von Bruhns und Tuttle eutdeckt wurde.

118. 1807. Einer der schönsten und prachtvollsten Kometen, der an Glanz Sterne zweiter Grösse übertraf, mit hellleuchtendem, gut begrenzten Kerne und einem Doppelschweife. Seit 1769 war keiner von solcher Grösse erschienen, sein Glanz nahm indessen rasch ab, und schon zwei Monate nach seiner Entdeckung war es schwer ihn mit blossen Augen zu erkennen.

122. 1811. Einer der schönsten Kometeu, der nebstbei unter allen bisher erschienenen am längsten, nämlich durch 511 Tage beobachtet wurde, und bereits 80 Millionen Meilen von der Erde entfernt war, als Wisniewsky ihn das letzte Mal sah. p. 498 ff. d. T.

127. 1815. Der periodische Komet von Olbers, siehe p. 523 d. T.

127b. 1818. Die Elemente sind aus wenigen unsicheren Beobachtungen abgeleitet, und es ist dieser Komet wohl nur eine Erscheinung des Biela'schen.

130. 1819. Grosser, Anfangs Juli plötzlich erschienener Komet, welcher der Rechnung nach am 26. Juni vor der Sonnenscheibe stand.

131. 1819. Die hier angeführte elliptische Bahn von Encke erwies sich als sehr genau, als der Komet im Jahre 1858 nach sieben unbeobachteten Perihel-durchgängen durch Winnecke von Neuem entdeckt wurde.

(96.) 1822. Erste vorausberechnete Wiederkehr des Encke'schen Kometen.

137. 1823. Besonders merkwürdig dadurch, dass er vom 22. bis 31. Jänner zwei Schweife zeigte; der kürzere, aber hellere war 4° lang und von der Sonne abgewandt; der längere hatte 7° und war ihr zugewandt. Er bildete mit dem ersteren einen stumpfen Winkel von etwa 160°. Aehnliches wnrde noch bei keinem anderen Kometen beobachtet.

144. 1826. Ein schwacher, nur durch 5 Tage beobachteter Komet. Von den hier aufgeführten ganz verschiedene Elemente hat Flaugergues berechnet; dieselben passen sich indess noch weniger den Beobachtungen an, als die von Clüver.

146. 1826. Den Rechnungen zu Folge wäre dieser Komet am 18. November vor der Sonnenscheibe zu beobachten gewesen.

(84.) 1832. Erste vorausberechnete Wiederkehr des Biela'schen Cometen.

(96.) 1838. Encke's Komet, welcher bei dieser Erscheinung wegen geringer Entfernung von der Erde mit freiem Auge sichtbar war, und wegen nahen Vor-

Nr.

übergangesbei Merkur zur Bestimmung der Masse dieses Planeten benützt wurde.

161. 1843. Siehe p. 539 ff. d. T. Die im Verzeichnisse aufgenommenen Elemente sind aus Hubbard's trefflicher Bearbeitung dieses Kometen genommen und ohne Rücksicht auf etwaige Identität mit früher erschienenen abgeleitet.

163. 1843. Faye's periodischer Komet, der bei seinen Periheldurchgängen in den Jahren 1851 und 1858 wieder beobachtet wurde. Axel Möller, der Berechner dieses Kometen, glaubte, dass auch bei ihm, wie beim Encke'schen, eine Verkürzung der Umlaufszeit für jede Rückkehr zur Sonne eintrete. Er überzeugte sich aber vor kurzem, dass ein Fehler in seine Störungsrechnungen sich eingeschlichen hatte, nach dessen Verbesserung diese Annahme nicht mehr statthaft ist. Nach diesen Bemerkungen kann der Faye'sche Komet nicht mehr als Bestätigung der Hypothese eines widerstehenden Mittels gelten, und es entfallen daher die darauf bezüglichen Stellen p. 524, 535 u. 787 d. T.

164. 1844. De Vico's erster periodischer Komet, der jedoch, ungünstiger Sichtbarkeitsverhältnisse wegen, in den drei letzten Erscheinungen 1849, 1855 und 1860 nicht wiedergefunden wurde. Für identisch mit demselben halten Le Verrier und Brünnow den Kometen des Jahres 1678 [Nr. 45]. Siehe p. 537 d. T.

169. 1845. Die elliptische Bahn wurde von D'Arrest aus den nur einen Zeitraum von drei Wochen umfassenden Beobachtungen berechnet, mit Rücksicht auf die grosse Aehnlichkeit der Elemente dieses Kometen, mit denen des Kometen von 1596 [Nr. 35].

(84.) 1846. Erste Doppelerscheinung des Biela'schen Kometen. Die Elemente sind für jeden einzelnen Kopf berechnet, unter der Voraussetzung, dass der Kopf A. identisch sei mit dem im Jahre 1852 vorangehenden.

171. 1846. Brorsen's periodischer Komet, der bei seiner Rückkehr zum Perihel im Jahre 1851 nicht gefunden werden konnte, im Jahre 1857 jedoch von Bruhns vom neuen entdeckt wurde. Ueber die Jupiterstörungen, die dieser Komet erlitten hat, findet man Näheres p. 538 d. T.

174. 1846. Ausser D'Arrest hat auch der Entdecker C. H. F. Peters Elemente berechnet, welche auf eine Elipse von 12.8 Jahren führten; doch wurde der Komet weder 1859 noch 1862 wieder gesehen.

177. 1847. Bemerkenswerth dadurch, dass er am Tage des Perihels zu London um Mittag beobachtet wurde.

188. 1850. Wurde unabhängig an fünf Orten entdeckt; zuerst August 29. von Bond in Cambridge U. S.; dann September 5. von Brorsen in Senftenberg; September 9. von Mauvais in Paris und Robertson in Markree und endlich September 14. von Clausen in Dorpat.

189. 1851. D'Arrest's Komet, dessen bei dieser Erscheinung auf 6·4 Jahre berechnete Umlaufszeit durch die 1857 erfolgte Wiederkehr volle Bestätigung erhielt.

196. 1853. Der grosse Komet, dessen für Ende August vorausgesagte glänzende Erscheinung am Abendhimmel viel Aufsehen machte. Der Schweif dehnte sich 15⁰ bis 20⁰ weit aus. Er wurde von Hartnup und Jul. Schmidt auch bei Tage wahrgenommen.

201. 1854. Dieser Komet hat nicht weniger als sechs Entdecker. Am 11. September fand ihn Klinkerfues in Göttingen; am 12. Bruhns in Berlin; am 13. van Arsdale in Newark, am 18. Donati in Florenz und Miss Mitchell in Nantucket; endlich am 21. Gussew in Wilna.

(171). 1857. Entdeckt von Bruhns am 18. März zu Berlin, und sofort als eine Wiederkunft des periodischen Brorse'schen Kometen erkannt, den man bei seinem Periheldurchgange 1851 umsonst gesucht hatte.

(102). 1858. Entdeckt am 4. Januar von Tuttle in Cambridge (U. S.) am 11. von Bruhns in Berlin. Er wurde gleich bei den ersten Bahnrechnungen als identisch erkannt mit dem zweiten Kometen von 1790, der inzwischen 5 Umläufe gemacht hatte.

131). 1858. Entdeckt von Winnecke in Bonn am 8. März. Die Vergleichung seiner parabolischen Elemente mit denen des dritten Kometen von 1819 wies auf die Identität beider Himmelskörper hin; der Entdecker fand denn auch, dass die Beobachtungen sich durch eine Ellipse von 5·559 Jahren Umlaufszeit am besten darstellen lassen.

Nr.

213. Ueber diesen grossen glänzenden Kometen, der an Pracht der Erscheinung für Europa nur an dem von 1811 einen Nebenbuhler in diesem Jahrhunderte hat. Siehe p. 546—554 d. T.

216. 1860. Entdeckt von E. Liais in Olinda (Brasilien) am 26. Februar, leider nur wenige Tage vor dem Ende seiner Sichtbarkeit, obschon er bereits zwei Monate früher selbst auf der nördlichen Hemisphäre hätte beobachtet werden können. Diess ist um so mehr zu bedauern, als der Komet merkwürdigerweise aus zwei Nebeln bestand, somit das zweite Beispiel einer Duplicität solcher Gestirne bot.

221. 1861. Näheres über die eigenthümliche Bahnlage dieses, durch die immense Länge seines Schweifes ausgezeichneten Kometen, und die Veränderungen in der Hülle desselben siehe pag. 555 ff. d. T.

224. 1862. Auch bei diesem Kometen gingen merkwürdige Aenderungen in der Coma vor. Siehe pag. 559—561 d. T.

230. 1863. Vielleicht identisch mit den Kometen der Jahre 1810 [Nr. 121] und 1490 [Nr. 24] wie man nicht nur wegen der Aehnlichkeit der Bahnen, sondern auch wegen der Zwischenzeiten von 53·3 Jahren und $6 \times 53{\cdot}3 = 320$ Jahren vermuthen darf.

237. 1865. Ein grosser Komet, der Mitte Januar plötzlich auf der südlichen Halbkugel sichtbar wurde, mit an den grossen Donatischen Kometen erinnerndem Glanze. Von Mitte Februar an nahm seine Helligkeit rasch ab, und bereits Mitte März entschwand er auch den Fernröhren. Vermöge seiner Bahnlage kann er nur der südlichen Halbkugel zu Gesichte kommen.

Alphabetisches Sach- und Namenregister.

(Die Ziffern bedeuten die Seiten; der Anhang ist nicht berücksichtigt.)

Abend, s. West. **Aberration** der Fixsterne 121, 135; nicht aus der Parallachse zu erklären 123; Ellipse der — 134; Winkel der — 122, 134; Ursache der — 134; Wirkung der — auf den scheinbaren Ort der Sterne 134; — der Planeten oder Lichtgleichung 135. **Abplattung** der Erde 50; verschiedene Werthe 59; Bestimmung durch den Mond 739. **Abul Wefa** Variation 737. **Abweichung,** s. Declination. **Abweichungskreis,** s. Declinationskreis. **Achromatische** Fernröhre 858. **Achse** der Kreise 12; der Erde, konstante Lage 787; freie — der Rotation 789; grosse — der Planetenbahnen konstant 792; — der Ellipse 188. **Acceleration** der Fixsterne 217. **Adams,** Neptun 767. **Aequator** 15, 76. **Aequatorhöhe** 17, 79. **Aequatorial** 916; Vortheile für den Beobachter 920; Rectifikation 923. **Aequinoctial-** oder Nachtgleichenpunkte 19, 141; Bestimmung durch Beobachtung 86. **Aether;** Störungen der Kometen durch den — 524, 786; Einfluss auf Länge des Tags 791; Bewegung im — 820. **Aglaja** 399. **Airy,** Jupitermasse 420; Atmosphäre des Mondes 465; Eigenbewegung der Sonne 589; Dichte der Erde 715; tran uranischer Planet 755; Neptun 767. **Albedo** der Planeten 405. **Albufaradge,** Sonnenflecken 308. **Alexandra** 400. **Amici,** Doppelsterne 623; Prismenkreis 930. **Amphitrite** 397. **Angelina** 402. **Anomalie,** mittlere und wahre 193. **Anomalistischer Monat** 224, 743. **Anthelme,** veränderliche 633. **Antipoden** 70. **Anziehungskraft,** siehe Schwere. **Aphelium** oder Sonnenferne 183. **Apian,** Blendgläser 320; Kometen 496, 513. **Apogeum** oder Erdferne 182. **Apsiden** 182; Bestimmung ihrer Lage 204; Einfluss der Aenderung der — der Erdbahn auf Jahreszeiten 205; Bewegung der — der Mondesbahn 744. **Araber,** Astronomie der — 85. **Arago,** Meridiangrad 37; Geschwindigkeit des Lichtes 128; Sonnenflecken und Witterung 326; Atmosphäre des Mondes 465; Funkeln der Sterne 574; Dichtigkeit der Luft 238; Polarisation des Kometenlichtes 503; Deutung der Kometen 568; Wahrnehmbarkeit der Sterne 609; über Entdeckung des Neptun 771. **Argelander,** Volumen der Asteroiden 406; Komet Faye 534; Sterngrössen 572; Sichtbarkeit der Sterne 575; Sternkatalog und Karten 89, 576; Sternmenge 575; Eigenbewegung der Sonne 588; Doppelsterne 605; veränderliche Sterne 624; —s Stern 121; Tychonischer Stern 632; über Beobachtung von Veränderlichen 635. **Argument** der Breite 172. **Ariadne** 399. **Aristarch,** Entfernung der Sonne 372. **Aristyllus,** Sternkatalog 586. **Aristoteles** Komet v. 371 v. Chr.; Kometen überhaupt 561. **Arithmetisches** Mittel 965. **Armillarsphäre** 835. **Asia** 402. **Asteroiden,** über den Namen — 392; über die Zeichen der — 396; Geschichte der Entdeckung [illegible]; Ursprung und Anzahl 404, 407; Grösse der — 404; Masse der — 407; Lage der — Bahnen 407, 411, [illegible]; Relation der Neigungen und Excentricitäten 409; Ineinandergreifen der Bahnen 409; Bahnnähen und physische Zusammenkünfte der — 410; grosse Störungen 412, 740; Verwandtschaft mit Kometen und Meteoren 407. **Asträa** 394. **Astrolabium** 834. **Astronomie,** nautische 950; allmähliche Ausbildung der — 962; Nutzen der — 976; Liebhaberthum in der — 981; zukünftige Aufgaben der — 800. **Atalante** 398. **Atmosphäre** der Erde, Höhe und Dichtigkeit 238, 776; reflectirt die Sonnenstrahlen 246; Ebbe und Fluth der — 783. **Attraction,** siehe Körper, Schwere. **Attwood's** Maschine 57. **Aufgang** 21. **Aufsteigung,** s. Rectascension, **Ausonia** 402. **Austriaca** sidera, Sonnenflecken 323. **Auwers,** Akolyth des Sirius 620; veränderliche Eigenbewegung Procyons 621; Veränderliche 634. **Auzout,** Methode der correspondirenden Höhen 843. **Averroes,** Sonnenflecken 308. **Azimuth** 18, 23. **Azimuth-** und Höhenkreis 910.

Baily, Dichte der Erde 715; Sternkatalog 848. **Bailly,** Theorie der Jupitersmonde 488. **Barlow,** Fernrohr 860. **Basis** 36. **Baxendell,** Veränderliche 624. **Beer,** s. Mädler. **Bellona** 397. **Benzenberg,** Fallversuche 50. **Beobachtungen,** älteste — der Chinesen 82, 84; der Araber und Perser 85; Fehler der — 109; der ersten Art 964; der zweiten Art 964; Genauigkeit der — überhaupt 825, 847. **Berge,** höchste der Erde 32, 241. **Bernoulli, D.,** Ebbe und Fluth 782; Wahrscheinlichkeits-Rechnung 967. **Bessel,** Gradmessung 37; Naturmaass 38; Parallachse 118, 120; Sternkarten 394; Wirkung der Schwere auf verschiedene Körper 419; Jupitersmasse 420; Gestalt und Ring des Saturns 424, 426; transuranischer Planet 441, 756; Stoff der Kometen 503; Komet von 1769 509; Halley'scher Komet 519; Komet 1843 545; Sternkatalog 89, 576; Eigenbewegung der Sonne 588; veränderliche Eigenbewegung der Fixsterne 614; Doppelsterne 623; Neptun 756. **Bewegung,** in krummen Linien überhaupt 715; durch Centralkräfte 717; elliptische 715; im widerstehenden Mittel 820. **Bianchini,** Flecken und Rotation der Venus 363, 365; Sonnenparallachse 373; Gnomon 832. **Biela,** Komet — 509, 525; Ueberwachung des Himmels 558. **Bienewitz,** s. Apian. **Biot, E.,** Kometenschweife 496. **Biot, J. B.,** Gradmessung 37; Dichte der Luft 238; antike Thierkreise 255. **Bird,** Mauerquadrant 847. **Birt,** Veränderliche 624. **Bischop,** Privatastronom 394; Doppelsterne 604. **Blair,** Fernrohr 860. **Blendgläser** 320. **Blunt,** Topographie des Mondes 473. **Bode,** Reihenfolge der Planeten 389; Entdeckung der Ceres 390; ältere Beobachtungen des Uranus 438; Sternkatalog 576. **Bogen** und Zeit 11. **Boguslawski,** Komet 1843 544; Veränderliche 625. **Bohnenberger,** Präcessionsmaschine 252. **Bond,** G. und W. E., Saturnsatelliten 236; Saturnring 427, 431; Komet Donati 546; Komet 1861 II. 556; Leuchtkraft verschiedener Gestirne 586; Andromeda- und Orionnebel 655. **Bonpland,** Sternschnuppen 708. **Borbonicae** lunae, Sonnenflecken 323. **Borelli,** Vorgänger Newton's 679. **Bouguer,** Photometrie 243, 572; Atmosphäre der Sonne 335; Veränderlichkeit der Gebäude durch Temperatur 832; Heliometer 935. **Bouillaud,** Veränderliche 627; Vorgänger Newton's 679. **Bouvard,** Meridianbogen 37; Masse Jupiters 418; transuranischer Planet 441; Planetentafeln 740, 753. **Bowring,** Komet 1843 539. **Bradley,** Parallachse 118; Aberration 121, 134; Sternkatalog 588. **Brechung,** doppelte 290; durch Linsen 851; s. Refraction. **Breen,** Wiederauffindung der Leucothea 398. **Breguet,** Geschwindigkeit des Lichtes 128. **Breite,** astrographische 19, 23; geographische — 20; — der Sonne und der Erde 169; — der Planeten 172; s. Polhöhe; Bestimmung der — im

Ersten Vertikal 877. **Brennglas** 851. **Brennpunkte** 188, 851. **Brewster,** Fernrohr 860. **British Association,** Sternkatalog 89. **Brorsen,** Komet — 509, 538. **Bruderer,** Komet Biela 526. **Brünnow,** Komet de Vico 1844 537; Komet Brorsen 538. **Bruhns,** totale Sonnenfinsternisse 341; Komet Brorsen 538. **Bruno,** Rotation der Sonne 321; Bewohner der Planeten 443. **Brunowski,** Kepler's Stern 632. **Buffon,** Atmosphäre Jupiters 416; Geogonie 804. **Bunsen,** Spectralanalyse 296. **Burchell,** Veränderliche 625. **Burckhardt,** Meridiangrad 37; Halley'scher Komet 518; transuranischer Planet 754. **Busäus** bezweifelt die Rotation der Sonne 322. **Bussole** 951. **Buys-Ballot,** verschiedene Wärmestrahlung der Sonne 336.

Cacciatore, Kometenphasen 502. **Calandrelli,** Parallachse 118. **Call,** Alter der menschlichen Kultur 775. **Calliope** 397. **Calypso** 400. **Campani,** Jupiterstreifen 415; Saturnring 428. **Capel Lofft,** intramerkurielle Planeten 348. **Carl,** Sonnenflecken 315. **Carlini,** Sonnentafeln; verschiedene Wärmestrahlung der Sonne 336; Dichte der Erde 714. **Carrington,** Sternkatalog 89; Sonnenflecken 314, 316; Fackeln 319; Sonnenflecken u. Erdmagnetismus 327; intramerkurielle Planeten 349. **Cassini,** Dom., Gradmessung 37, 59; Saturnsatelliten 236; Sonnenflecken 325; Flecken und Rotation der Venus 363, 365; des Jupiter 416; Venusmond 367; Rotation des Mars 386; Mars-Atmosphäre 387; Atmosphäre Jupiters 416; Jupitersstreifen 415; Parallachse 118; Sonnenparallachse 373; Saturnring 426; Mondkarte 466; Kometenphasen 502; Komet 1668 543; Eigenbewegung der Sonne 587. **Cassini,** Jak., Lage der Planetenbahnen gegen Sonnenäquator 408; dunkler Saturnring 428; Eigenbewegung der Fixsterne 587; Veränderliche 633. **Cauchy,** Vibrationshypothese 284. **Cavalleri,** Blendgläser 321; Ebbe und Fluth 782. **Cavendish,** Dichte des Erdkörpers 715. **Centralkraft** 722. **Centrifugalkraft,** s. Fliehkraft. **Centrifugalpendel** 945. **Ceres** 389. **Cesaris,** Gnomon 832. **Chacornac,** Atmosphäre der Sonne 335; ekliptische Karten 396; Entdeckung der Massalia 396, Themis 397, Phocäa 397, Amphitrite 397, Pomona 398, Polyhymnia 398, Circe 398, Leda 398, Elpis (Olympia) 401; Begleiter des Sirius 621; Veränderliche 625. **Champollion,** antike Thierkreise 255. **Chevalier,** Alter der menschlichen Kultur 776 **Chezeaux,** Kometenphasen 502. **Chinesen,** Astronomie der — 85. **Chladni,** Kometenschweife 497, 515. **Cicero,** Bedeutung der Kometen 562. **Circe** 398. **Circumpolarsterne** 22, 78. **Clairaut,** Kometenbahnen 517; Störungen der Kometen 786; Fernrohr 858; Bewegung der Mondapsiden 744. **Clark,** Begleiter des Sirius 620; Fernrohr 860. **Clarke,** Komet 1843 549. **Clausen,** Komet v. 1819 510. **Clio,** 395. **Colla,** Komet — 509. **Comirs,** Kometennatur 562. **Commutation** 169 **Concordia** 400. **Conjunction** 122. **Corona** bei totalen Sonnenfinsternissen 337, 342. **Coschuking,** Gnomon 832. **Cosinus** 26. **Crabtree,** Venusdurchgänge 371. **Culmination** 17, 21, 22. **Cusa,** Nik. v., Photosphäre der Sonne 324; Bewohner der Planeten 443. **Cybele** 402. **Cysatus,** Kometenschweife 515; vielfache Kometenkerne 529.

Damascenus, Natur der Kometen 562. **Dämmerung** 245. **D'Alembert,** Komet 1680 563; Problem der drei Körper 733; Bewegung der Mondapsiden 744; Halley's Komet 518; Fernrohr 858. **Damoiseau,** Mondtafeln 738. **Danaë** 400. **D'Angos,** intramerkurielle Planeten 348. **Dante,** eine Stelle aus — durch Präcession erklärt 249. **Danti,** Gnomon 832. **Daphne** 398. **D'Arrest,** Entdeckung der Freia 403; Unsichtbarkeit der Jupitersmonde 489; Komet — 509; Komet Biela 527, 528; Komet Brorsen 538; Tychonischer Stern 632; Eigenbewegung der Nebel 660. **Daussy,** Meridianbogen 37. **Davy's** Licht mit der Sonne verglichen 328. **Dawes,** dunkler Saturnring 427; Sonnenflecken 319, 325; Sonnenblendungen 321; Unsichtbarkeit der Jupitersmonde 489; Doppelsterne 604. **Declination** der Gestirne oder Abweichung 15, 23; — und Stundenwinkel 18; und Rectascension 18; durch Polhöhe und Zenithdistanz gegeben 22. **Declinations-** oder Stundenkreis 15, 23. **Decuppis,** Atmosphäre des Mondes 465. **Deferirender** Kreis 161. **Delambre,** Gradmessung 37; Tafeln der Jupitersmonde 488; Uranustafeln 753. **De la Rue,** totale Sonnenfinsternisse 339, 342; »Meere« des Mondes 462; Mondphotographien 468. **Dell,** transportable Observatorien 983. **Dembowski,** Doppelsterne 604, 623. **Denderah,** Thierkreis 254. **Dent,** Diplei-doskop 883; Uhren 943. **Depression** des Horizonts 30. **Derham,** Orionnebel 655. **De Vico,** Rotation der Venus 365; Kometen — 509. **Diana** 403. **Dichte** überhaupt 56; der Himmelskörper 714; der Erde 714; nimmt gegen den Mittelpunkt zu 773. **Dipleidoskop** 883. **Directe** Bewegung der Planeten 148. **Distanz** der Gestirne aus der Parallachse 104, 111; unzugänglicher irdischer Objecte 101, 103; der Planeten von der Sonne 175; mittlere — der Planeten von der Sonne gleich halber Grosser Achse 187. **Dollond,** Fernrohr 858; Heliometer 935. **Donati,** Komet 1858 546. **Doppelspath** 290. **Doppelsterne** 590; physische und optische 591. 597; verschiedene Klassen der physischen 591; Positionswinkel und Distanz 592; Verhältniss zu den einfachen 592; Anzahl 592; Verschiedenheit 592; gemeinschaftliche Eigenbewegung 593; frühere Meinungen über — 593; Vertheilung am Himmel 593; drei- und mehrfache Sterne 593; Bewegung um einander 594; Bedeckung unter einander 595; Bestimmung der Entfernung 597; Bahnbestimmung 597; Neigung und Knoten, directe und retrograde Bewegung 598; Bahnelemente der vorzüglichsten — 598; besonders merkwürdige — 599; unterliegen dem Gesetz der allgemeinen Schwere 600, 605; Farben der — 605; Erklärung dieser Farben 607; — als Prüfungsmittel der Fernröhre 608; Planeten der — 610; Anblick des Himmels von diesen Planeten 612; veränderliche Eigenbewegung 615; dunkle Akolythen 617; Geschichte der Entdeckung 621; Bestimmung der Massen 713. **Doppler,** Eigenbewegung der Sonne 589. **Doris** 399. **Drachenmonat** 224, 743. **Drummond's** Licht, verglichen mit der Sonne 328. **Dumouchel,** Halley's Komet 519. **Dunkin,** Eigenbewegung der Sonne 589. **Dunlop,** Doppelsterne 623. **Dupuis,** antike Thierkreise 255. **Durchgänge** Merkur's 356; der Venus 369; Wichtigkeit der Venusdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallachse 375; Epochen derselben 375; früheste Beobachtung 371; Durchgänge — von 1761 371, und 1769 373; Berechnung derselben 373; nächstkünftige Durchgänge 375; Bestimmung der Sonnenparallachse 374; Vorzüge dieser Methode 375, 378; einfache Darstellung derselben 383.

Ebbe und Fluth 777; allgemeine Erscheinungen 778; Perioden 778; Ursachen 779; Einfluss der Lokalverhältnisse 779; Hafenetablissement 779; Berechnung dieser Erscheinungen 780; Erklärung derselben 780; Geschichte ihrer Theorie 782; Ebbe und Fluth der Atmosphäre 783. **Eble,** graphische Auflösung sphärischer Dreiecke 90; Sextant 265; Zeitbestimmungswerk und Koroskop 914. **Echo** 401. **Edlund,** Corona 342. **Egeria** 396. **Einmart,** Doppelsterne 591. **Eisenlohr,** Einfluss des Mondes auf Witterung 225. **Ekliptik** oder Sonnenbahn 19; Lage derselben am Himmel 74; erste Bestimmung dieser Lage 75; genauere Bestimmung 79; ältere und neuere Bestimmungen 83; Sternkarten der — 395, 396. **Elemente** der Planetenbahn 175, 194. **Ellipse,** Eigenschaften der — 187; — als Kegelschnitt 720; Wahrscheinlichkeit der — 724. **Elliptische** Bewegung der Himmelskörper 186, 189. **Elongation** 169. **Elpis** 401. **Emanationshypothese** 283. **Encke,** Sonnenparallachse 374; Ursprung der Asteroiden 404; Jupitersmasse 418; Theilungen des Saturnringes 427; Komet kurzer Umlaufszeit 500, 509, 523. 787; Bahn der Sternakolythen 598; über die Neptunsentdeckung 765. **Entfernung,** s. Distanz. **Epicykel** zur Erklärung der zweiten Ungleichheit der Planeten 161; nähere Bestimmung 162; Fehler dieser Hypothese 163. **Epoche** der Planeten 170. **Erastus,** Natur der Kometen 514. **Eratosthenes,** Gnomon 831. **Erde,** erster Anblick 28; — ist keine Ebene und schwebt im freien Himmelsraum 29; bietet im Allgemeinen die Ansicht einer Kugel 30; Gesichtswinkel des Horizontes 31; Grösse der — aus dem Gesichtswinkel 32; Folgen der Kugelgestalt 33; Beweise der Kugelgestalt: I. aus der Ansicht ferner Gegenstände 34; II. aus Reisen um die Welt 34; III. aus Mondsfinsternissen 35; IV. aus der Gestalt an-

Geschichte der Gradmessungen 37; täg-
derer Gestirne 35; genauere Bestimmung der Gestalt der — 35; Wahrscheinlichkeit
liche Bewegung, allgemeine Erscheinungen 41; Erklärung durch Rotation der — 44; III. Verschiedenheit
der Rotation 46; Beweise der Rotation I. Fall der Körper 48; II. Abplattung 50; VI. Foucault's Versuch 64; Cen-
der Schwere 52; IV. Passatwinde 62; V. Rotation anderer Gestirne 64; aus Mondstörungen 739; Zweifel über
trifugalkraft der drehenden Bewegung 50; Abplattung der — 52; Wahrscheinlichkeit dieser
die Gestalt der — 59; Einwürfe gegen die Rotation 69; jährliche Bewegung 93; und jährlichen
Bewegung 95; Beweis aus dem 3. Kepler'schen Gesetze 97; Geschwindigkeit der täglichen 98; verschie-
Bewegung 99; Analogie der — mit Planeten 98; jährliche Bewegung Folge der täglichen Lage ihrer Achse
dene Temperatur der Zonen 144; säkuläre Störungen der — 747; Alter der — 775; Zustande 794;
unveränderlich 787; Zeit der Rotation constant 790; war anfänglich in einem flüssigen Oberfläche 797.
Centralfeuer 795; allmähliche Abkühlung und Rotationsdauer 796; Temperatur der — Erdweite 115. **Erhal-**
Erdferne, siehe Apogeum. **Erdglobus**, s Globus. **Erdnähe**, siehe Perigeum. Präcession 253. **Eugenia**
tung der Fläche, Princip der — 717. **Estancel**, Komet 1668 543. **Eudox**, der drei Körper 733; Stö-
399. **Euler, L.**, Vibrationshypothese 284; Doppelsternbahnen 611; Problem Fluth 782; Fernrohr
rung zwischen Jupiter und Saturn 741; Bewegung der Mondapsiden 744; Ebbe und **Euterpe** 397.
858. **Eunomia** 396. **Euphrosyne** 398. **Europa** 400. **Eurydice** 403. **Eurynome** 404. dieser — 204;
Evection 226, 736. **Excentricität** der Ellipse 188; der Planetenbahnen 203; Aenderung Ungleichheit der Pla-
kleine — der Planetenbahnen 731. **Excentrischer** Kreis zur Erklärung der ersten Sonnen-
neten 160; Fehler dieser Erklärung 163. **Fabricius**, Johann, Körper
Fabri, Saturnring 425. **Fabricius**, David, Veränderliche 627. **Fall** der Fall der
flecken 320, 322; Blendgläser 320. **Fackeln**, s. Sonnenfackeln. **Fadennetze**, s. Netze. Körper 716;
als Beweis für die tägliche Bewegung der Erde 48; Fallhöhe für verschiedene Polhöhen; freier des Sonnen-
Körper 672; Gesetze dieses Falles 673; Anwendung derselben 675; Fall der schiefgeworfenen **Farben** 857.
Fall der Körper auf der Oberfläche des Mondes 704; und der übrigen Planeten 704. Farbenabweichung
lichts 292; der Fixsterne 574; der Doppelsterne 605; complementäre — 606; 398, Virginia
Faye, Komet 509, 534; Komet de Vico 1844 537. **Ferguson**, Entdeckung der Euphrosyne Verbesserung 856;
399, Titania (Echo) 401. **Fernrohr**, Erfindung 848; Einrichtung 851, 854; allmähliche 859; Refrak-
Galilei'sches, Kepler'sches — 856; Anwendung bei Messinstrumenten 827, 862; dialytisches grösste existirende
toren und Reflektoren 857; dioptrisches und katoptrisches; achromatisches 858; **Finsternisse** des
Fernröhre 860; aplanatisches — 860, gebrochenes — 914. **Feronia** 403. **Fides** 398. durch —
Mondes 226; Beweis für Kugelgestalt der Erde 35; — der Sonne 230, 479; Längenbestimmung Parallachse 112,
956; Aberglauben über — 476. **Fixsterne**, Erkennung 25, 72; Entfernung 111, 113, 597; relative Helligkeit
117, 597; wahre Grösse 115, 584; Eigenbewegung 586, 593; scheinbare Grösse 571, 610; Kataloge der —
571; Lichtveränderungen 573; Farben und Funkeln 574; Eintheilung nach Grössen 574; Vertheilung 578;
575; Lichtstärke 586; Doppelsterne s. d.; Anzahl 575, 576, 581, 583; Anhäufung 577, 581, 590; im
Farben der — als Erkennungsmittel ihrer Eigenbewegung 589; Wahrnehmbarkeit der — 575, 590; **Fizeau**,
Fernrohr 609; veränderliche Eigenbewegung 614; dunkle Akolythen 617; Veränderliche s. d. Mauerquadrant mit
Geschwindigkeit des Lichtes 126, 128. **Flamsteed**, Parallachse 118; Quadrant 845; **Flecken**, s. Sonnen-
Fernrohr 847; Uhren als Messinstrumente 944. **Flaugergues**, Doppelsterne 591. **Fliehkraft** 50, 789.
flecken. **Flemming**, transuranischer Planet 756. **Fletcher**, Doppelsterne 603. — und Les-
Flora 395. **Fluorescenz** 299. **Fluth**, s. Ebbe. **Förster**, Wiederauffindung der Leda 398; Bewohner
ser, Entdeckung der Erato 401. **Fontana**, Venusmond 367; Jupiterstreifen 415. **Fontenelle**, **Fortuna**
der Planeten 447, 568; des Mondes 477. **Forster**, Einfluss der Kometen auf Krankheiten 566. **Fourier**,
396. **Foucault**, Pendelversuch 64; Geschwindigkeit des Lichtes 128; Funkeln der Sterne 574. **Fraunhofer**,
antike Thierkreise 255; Temperatur der Erdoberfläche 797. **Franklin**, Geogonie 805. **Freia** 403,
dunkle Linien im Spektrum 294; Fernrohr 859; Positionsmikrometer 933; Heliometer 935. Blendgläser 321.
404. **Fresnel**, Vibrationshypothese 284; Interferenz 285, 288, **Frigga** 403. **Frisiani**, 18, 19, 23, 76.
Fritsch, intramerkurielle Planeten 348. **Fromond**, Kometennatur 562. **Frühlingspunkt**
s. Nachtgleichen. **Fühlhebel** 829.
Galatea 403. **Galilei**, Parallaehse 118; Jupitersatelliten 234, 368, 489; geographische Länge 124.
235; Sonnenflecken 320, 322; Phasen der Venus 362; Saturnring 424; Topographie des Mondes 466; Fern-
rohr 856, 862. **Galle**, Saturnring 427; Auffindung des Neptun 441, 765; Komet 1843 540. **Galloway**,
Eigenbewegung der Sonne 589. **Gambart**, Biela's Komet 525. **Gascoigne**, Fäden im Fernrohre 863.
Gasparis, Ekliptikkarten 396; Entdeckung der Hygiea 395, Parthenope 395, Egeria 396, Eunomia 396,
Psyche 396, Irene 396, Massalia 397, Themis 397, Ausonia 402. **Gassendi**, Merkursdurchgang 357; Sicht-
barkeit von Sonnenflecken 371; Saturnring 425; Gnomon 832. **Gaubil**, chinesische Beobachtungen 82.
Gauss, allgemeine Bahnbestimmung 391; Wiederauffindung von Ceres, Pallas, Juno und Vesta 392, 393;
Massenbestimmung durch die Asteroiden 418: Eigenbewegung der Sonne 589; Methode der kleinsten Qua-
drate 967; Fernrohr 859. **Gautier**, Sonnenflecken und Witterung 326; Sonnenflecken und Erdmagnetis-
mus 326. **Geocentrischer** Ort 168. **Geogonien** 801. **Georg III.** von England 861. **Gerade** Aufstei-
gung, s. Rectascension **Geschwindigkeiten**, der Planeten 492; ursprüngliche 722. **Gesichtswinkel**
des Horizontes 30. **Gewicht** der Körper 56; der Beobachtungen 965. **Gilliss**, totale Sonnenfinsternisse
340. **Girard**, Fernrohr 860. **Gleichung** der Bahn 193; jährliche — des Monds 226, 737. **Globus** 23;
Orientirung und Nutzen des — 24; Gebrauch 257; verschiedene mit dem — zu lösende Aufgaben 258.
Gluckhenne 590. **Gnomon**, 81, 831, 877; alte Beobachtungen 82. **Godin**, Orionnebel 655. **Goldschmidt**,
Entdeckung der Lutetia 397, Pomona 398, Atalante 398, Harmonia 398, Daphne 398, Pseudo-Daphne
(Melete) 399, Nysa 399, Eugenia 399, Doris 399, Pales 399, Europa 400, Alexandra 400, Danaë 400, Pa-
nopea 403; Komet Faye 534; Komet de Vico 1844 537; Komet 1861 II. 555; Veränderliche 625. **Good-**
ricke, veränderliche Sterne 628. **Gotha**, Herzog Ernst von, Name der Juno 393. **Gottignies**, Komet
1668 543. **Gradmessung** 37. **Graham**, Mauerquadrant 847. **Graham**, Entdekung der Metis 395. **Grant**,
Abplattung Jupiters 416. **Gravitation**, s. Schwere. **Green**, Vibrationshypothese 284. **Grösse** der Ge-
stirne zu finden 107, 111, 714. **Groombridge**, Sternkatalog 89. **Grynäus**, Natur der Kometen 514.
Gulielmini, Fallversuche 50 **Gussew**, Gestalt des Mondes 468. **Gyroskop** 69.
Haase, intramercurielle Planeten 350. **Hadley**, Saturnring 426, 428; Spiegelsextant 926. **Hal-**
laschka, Sonnenflecken 309. **Halley**, Erwärmung der Erde durch die Sonne 145; Corona 337; Venus-
durchgänge 371, 376; Jupitersatelliten 418; Komet — 509; Kometenbahnen 516; Eigenbewegung der
Fixsterne 587; veränderliche Sterne 630; Sterngruppen 641 ff.; Störung zwischen Jupiter und Saturn 740;
Störungen der Kometen 786; Längenbestimmung durch Monddistanzen 958. **Hansen**, Gestalt des Mon-
des 458, 468; Mondstafeln 738; Sonnentafeln 740; transuranischer Planet 755; Länge des Tages 791;
Aequatorial 921. **Hansteen**, Alter der Planeten 798. **Harding**, Flecken des Mars 386; Entdeckung der
Juno 393; Saturnring 429; Vorübergänge der Jupitersatelliten 488; Veränderliche 625. **Harmonia** 398.
Harriot, Sonnenflecken 320. **Hartsöcker**, Gleichheit von Rotation und Revolution der Jupitersatel-
liten 484. **Hebe**, 394. **Heinsius**, Kometenphasen 502. **Heis**, Veränderliche 624. **Heliocentrischer**
Ort 168. **Heliometer** 934. **Hell**, Sonnenparallachse 374. **Helmholtz**, Quellen der Sonnenwärme 334;
Länge des Tages 791. **Hemisphäre**, sichtbare und unsichtbare 15; nördliche und südliche 15; östliche

und westliche 17. **Hemmung** 942. **Hencke,** Entdeckung von Asträa und Hebe 394; Veränderliche 625. **Henderson,** Parallachse 121; Komet 1668, 543. **Henrick,** intramerkurielle Planeten 350. **Herbstpunkt** 19, 76, s. Nachtgleichen. **Herschel, W.** oder **d. ä.,** Grösse von α Leier 585; Saturnsatelliten 236, 490. Uranusmonde 237; Natur der Sonnenflecken 323, 325; Einfluss der Sonnenflecken auf Witterung 325, 326; Entdeckung und Name des Uranus 438; Rotation und Abplattung des Mars 386, 387; Name der Asteroiden 392; Jupiterstreifen 415; Rotation des Jupiter 416; Saturn's Abplattung und Flecken 423, 424; Saturnring 427, 429, 432; Entdeckung des Uranus 438; Komet von 1811 498; Länge äder Kometenschweife 501; Photometrie 572; Beobachtung von Veränderlichen 635; Vertheilung der Fixsterne 578; Anzahl der Sterne 581; ferne Milchstrassen 582; wahre Grösse der Fixsterne 585; Eigenbewegung der Sonne 587; Doppelsterne 591, 595, 596, 600, 622; Veränderliche 625; Sternhaufen und Nebel 637 ff.; Reflektoren 860. **Herschel, J.** oder **d. j.,** Parallachse 118; Einfluss des Mondes auf Witterung 225; Spektrum 296; Sonnenblendungen 321; Intensität der Sonnenwärme 328, 329; Asteroidennamen 395; Rotation Jupiters 416; Uranussatelliten 439; Oberfläche des Mondes 465; scheinbare Sterngrössen 572; Sternmenge 578; Milchstrasse 581; Eigenbewegung der Sonne 587; Trapez im Orionnebel 594; Doppelsterne 600, 622; Farben der Doppelsterne 607; Veränderliche 624; Beobachtung von Veränderlichen 635; Sternhaufen und Nebel 638. **Herschel,** Karoline, Sterngruppen 642. **Hesperia** 403. **Hestia,** 399. **Hevel,** für Scheiner's Priorität in der Entdeckung der Sonnenflecken 322; Mondkarte 368, 466; Veränderliche 627; Jupiterstreifen 415; Saturnring 425; Kometenschweife 515; Kometenbahnen 516; Gestalt der Kometen 523; vielfache Kerne der Kometen 529; Ueberwachung des Himmels 558; Kometen im Allgemeinen 561; Sternkatalog 575; Quadrant 845; Gegner des Fernrohrs 863. **Himmelsglobus,** s. Globus. **Hind,** Karten der Ekliptik 394, 408; Entdeckung von Iris 394, Flora 395, Victoria 395, Irene 396, Psyche 396, Melpomene 396, Fortuna 396, Calliope 397, Thalia 397, Euterpe 397, Urania 397; über Planetennamen 399; Komet Halley 512; Komet Biela 528; Komet de Vico 1844 537; Doppelsterne 600; veränderliche Sterne 624, 634; Nebel 660. **Hipparch,** Präcession 247, 249, 250, 586; Entfernung der Sonne 372; Sterngrössen 571, 575; Armillen 835. **Hodgson,** Sonnenfackeln 320; Sonnenblendungen 321; Sonnenfackeln und Erdmagnetismus 327. **Hodierna,** Saturnring 425. **Höhe** eines Sternes 15, 23; — und Azimuth 18; — eines unzugänglichen Gegenstandes zu finden 103. **Höhenkreis,** s. Vertikal und Vertikalkreis. **Hoffmann,** intramerkurielle Planeten 348. **Holwarda,** Veränderliche 627. **Homer,** eine Stelle aus — durch Präcession erklärt 248. **Hooke,** freier Fall 49; Parallachse 118; Gestalt der Kometen 523; Vorgänger Newton's 679. **Horizont,** wahrer und scheinbarer 14. **Horoskop,** Eble's — 914. **Hornsby,** Sonnenparallachse 374. **Hornstein,** Erkennung der Erato 401; Kometen, Körper höherer Ordnung 725. **Horrebow,** Venusmond 367. **Horrox,** Venusdurchgänge 371. **Hubbard,** Komet Biela 527. **Humboldt,** eine Stelle bei Dante durch Präcession erklärt 249; Schneegrenze 146; neu erschienene Sterne 633; Sternschnuppen 708; Alter der menschlichen Kultur 775; Geschichte der nautischen Astronomie 952. **Hussey,** transuranischer Planet 754. **Huth,** Rotation des Mars 386. **Hutton,** Dichte der Erde, 714. **Huyghens,** Saturnsatelliten 236; Blendgläser 320; Saturnring 236, 425; Bewohner der Planeten 443; Sterngrössen 572; Vertheilung der Fixsterne 578; Orionnebel 655; Gravitation 679; Fernrohr 850; Wahrscheinlichkeits-Rechnung 967; Vibrationshypothese 284; Blendgläser 320; Methode der korrespondirenden Höhen 843. **Hyaden** 590. **Hygiea** 395, 404. **Hyperbel** 720; Wahrscheinlichkeit der — 724; Schwierigkeit ihrer Erkennung 509, 544.

Instrumente der Alten 831; Schwierigkeit der Verfertigung genauer — 827. **Interferenz** 285. **Intramerkurielle Planeten** 345. **Irene** 396. **Iris** 394. **Irradiation** 244. **Isis** 399. **Isothermen** 145. **Jährliche** Gleichung 226, 737. **Jahr,** tropisches 171, 176; Aenderung 749. **Jahreszeiten** 136; bei anderer Rotation und Achsenstellung der Erde 137, 147; Erklärung 139; Aenderung durch verschiedene Lage der Apsiden 205; durch Störungen der Excentricität 750. **Jakob,** Doppelsterne 600. **James,** Dichte der Erde 714. **Jansen,** Fernrohr 850; Veränderliche 626. **Janus,** Name für Neptun 766. **Jayasinha,** Sonnenuhr 890. **Juno** 393. **Jupiter,** Distanz, Revolution, Durchmesser, Zeichen etc. 413; — gehört zu einer besonderen Gruppe von Planeten 414; Atmosphäre 414; Flecken und Streifen 415; Zeichnung 415; Rotation 416; Abplattung 416; Jahreszeiten 417; Masse 417; Anblick des Himmels von — 420; Leuchtkraft des — 586; Bewohner 420; grosse Störung durch Saturn 740; s. Satelliten. **Jurin,** Irradiation 243.

Kämtz, Funkeln der Sterne 574. **Kaiser,** Doppelsterne 604. **Kant,** Ursprung des Weltsystems 812. **Karten,** Himmels —, ekliptische 395, 396; Aequinoctial — 400; allgemeine 576. **Kater,** Theilungen des Saturnringes 427; Kollimator 903. **Kegelschnitte** 718. **Kepler,** die drei von ihm entdeckten Gesetze 184, 188, 191, 198, 200; sein Verfahren bei der Bestimmung der Planetenbahnen 181, 184; Fernrohr 856; Zusammenhang seiner Gesetze 199; Rotation der Sonne 321; Merkursdurchgänge 357; Venusdurchgänge 371; Entfernung der Sonne 372; Reihenfolge der Planeten 389; Bewohner der Planeten 443; sein drittes Gesetz durch die Jupitersatelliten bestätigt 124; Halley's Komet 515; Kometenbahnen 515; Kometennatur 561; — s Stern 632; Vorgänger Newton's 679. **Kirch,** Veränderliche 626; Sterngruppen 642. **Kircher,** Bewohner der Planeten 446. **Kirchhoff,** Spectralanalyse 296; Natur der Sonnenflecken 324. **Kirkwood,** intramerkurielle Planeten 350. **Klimate** der Alten 143. **Klingenstierna,** Fernrohr 858. **Klinkerfuess,** Doppelsterne 601. **Klügel,** Eigenbewegung der Sonne 587; Fernrohr 859. **Klytia** 403. **Knorre,** Komet 1843 540. **Knoten** der Planetenbahnen 154, 171. **Koch,** Veränderliche 625. **Köhler,** Abplattung Jupiters 416. **Körper,** allgemeine Eigenschaften 667; Bewegung, Anziehung und Abstossung 668; Problem der drei — 733. **Kohlensack** 581. **Kollimationsfehler** 900, 908. **Kollimationslinie** 873. **Kollimator** 903. **Kometen** 493; Anzahl 493; Gestalt 495; Kern 495; mehrfache Kerne 529; Nebelhülle 496; Schweif 496; Grösse und Veränderungen des Schweifs 496, 515; Entstehung und Ausbildung der Schweife 497; Gestalt der Schweife 498; sehr grosse Kometen 500; Komet v. 1811 499; — sind die zahlreichsten und grössten Körper des Systems 501; Phasen 502; Polarisation des Lichtes der — 503; Dichte 503; Vorübergänge vor Sonne 503; Masse der — 504; Komet v. 1770 504; — bewirken keine Störungen 505; Berechnung ihrer Bahnen 505; parabolische Kometen 508; schwierige Bestimmung der Umlaufszeit 509, 545; Geschwindigkeiten der — 511; Kometen von bekannter Umlaufszeit 509; Komet K. Karl's V. 510; Komet von 1819 510; Komet Halley 509, 510; Komet Olbers 509, 523; Komet Encke 500, 509, 523; Komet Biela 509, 525; seine und anderer — Duplicität 526, 529; starke Annäherung zur Erdbahn 529, 531; zu Encke's Kometen 531; was die Erde von Kometen zu befürchten hat 532; Gründe gegen diese Besorgnisse 533; Komet Faye 509, 534; de Vico 1844 und 1846 509, 537; Brorsen 509, 538; Colla 509; d'Arrest 509, 538; Westphal 509: Tuttle 509; Winnecke 509; grosser — von 1843 539; Donati'scher Komet 1858 546; Komet v860 III. 554; Komet 1861 II. 555; Komet 1862 III. 559; ältere Meinung von den Kometen 561; Komet don 1680 und seine falsche Deutung 563; Einfluss auf die Witterung 564; auf Krankheiten 566; Bewohner 1fer Kometen 568; Störungen durch Planeten und den Aether 524, 786; Urbewohner des Weltsystemes 725; lügen sich in Laplace's Nebelhypothese 811; **Kompensation** 943; **Kopernicus,** Vorzüge seines Systemes Z65; Unvollkommenheiten desselben 179, 184; Vorläufer Newton's 679. **Korrespondirende** Höhen zur 1eitbestimmung 838; zur Rectascensionsbestimmung 842. **Kowalski** 740. **Kraft,** Zerlegung der Kräfte 29, 715; lebendige — 300; Erhaltung und Vicariirung der — 299; der Sonne 201; als Ursache der Bewegung 669; augenblicklich und stetig wirkende 671; allgemeine Betrachtungen darüber 676; — ist das Resultat der Wirkung aller Elemente eines Körpers 701; Centralkraft 717, 722. **Kreis,** grösster, Einthei-

lung nach Zeit und Bogen 10; Eigenschaften 12; Neigung 13; Umfang und Oberfläche 33; Unwahrschein-
lichkeit des — als Bahn der Himmelskörper 724. **Krippe** 590. **Krüger**, Parallachse 121; Halley's Komet
515. **Kugel**, Oberfläche und Inhalt 33. **Kummer**, Strahlenbrechung auf Jupiter 420. **Länge**, astro-
Lacaille, Sonnenparallachse 373; Methode der korrespondirenden Höhen 843. — der Erde und der
graphische 19, 23; geographische — 20; — in der Bahn 172; reducirte — 172; — der geographischen — durch
Sonne 169; — des Perihels 190; mittlere und wahre — 193; Bestimmung der geographischen — durch
Chronometer 954; durch Finsternisse etc. 124, 235; durch Distanzen 958; durch Sternschnuppen 956; durch
Telegraphen 954. **Lagrange**, Schiefe der Ekliptik 84; Problem der drei Körper 733; Störungen zwischen
Jupiter und Saturn 741; Jupitersmonde 488; Acceleration der mittleren Mondsbewegung 745; Unveränder-
lichkeit der grossen Bahnachsen 793. **Lahire**, Gradmessung 37; Sonnenflecken 325. **Lalande**, Stern-
katalog 89, 576, 848; Natur der Sonnenflecken 323; Sonnenparallachse 374; Eigenbewegung der Sonne 587;
transuranischer Planet 754. **Lambert**, Leuchtkraft der Venus 363; Venusmond 368; Reihe der Planeten
389; Photometrie 572: Störung zwischen Jupiter und Saturn 741. **Lamont**, Sternkatalog 89, 576. **La-**
place, Präcession 254. Abplattung Jupiters 416; Masse Jupiters 418; Saturnring 427; Theorie der Jupi-
tersmonde 488; Zusammenstoss der Erde mit Kometen 532; Problem der drei Körper 733; Störungen der
Planeten 740; Mondstörungen 738, 744; Störungen zwischen Jupiter und Saturn 741; Acceleration der mitt-
leren Mondsbewegung 745; Ebbe und Fluth 780, 783; Einfluss des Aethers auf Länge des Tages 791;
Unveränderlichkeit der grossen Bahnachsen 793; Ursprung des Weltsystems 808; seine Vorgänger hierin
812; Dauer des Weltsystemes 816; Methode der kleinsten Quadrate 967. **Lardner**, Wärme 305; Saturn-
himmel 437. **Largeleau**, Meridianbogen 37. **Lassell**, Saturnsatelliten 236, 490; Reflectoren 861; Uranus-
Satelliten 237, 439. Neptunsmond 237, 442, 771; dunkler Saturnring 427; Nebel 660. **Laugier**, Komet
Halley 512; Komet 1843 544. **Laurent**, Entdeckung der Nemausa 400. **Lavoisier**, Erhaltung der Ma-
terie 299. **Leda** 398. **Legendre**, Doppelsternbahnen 611. **Legrand**, Komet 1843 540. **Leibnitz**, Geo-
gonie 803; Wahrscheinlichkeitsrechnung 967. **Leitstrahl**, s. Radius Vector. **Lemonnier**, Eigenbewe-
gung der Fixsterne 587; Gnomon 832. **Leonardo** da Vinci, Erdlicht des Mondes 221. **Lescarbault**,
intramerkurielle Planeten 347. **Lesser**, s. Förster. **Leto**, 402, 404. **Letronne**, antike Thierkreise 255.
Leukothea, 398. **Le Verrier**, intramerkurielle Planeten 345; Ursprung der Asteroiden 404; Sichtbar
Neptuns 405; Masse der Asteroiden 407; Gruppen der Asteroiden 409; 411; Komet Faye 534; Sonnentafeln
740, 747; Entdeckung Neptuns 441, 757; seine Vorgänger 753; Lage der Asteroidenbahnen 819. **Lexell**,
Sonnenparallachse 374. **Liais**, intramerkurielle Planeten 348; Doppelkomet — 529. **Liandrier**, Funkeln
der Sterne 574. **Liapunow**. Orionnebel 655. **Libelle**, s. Wasserwage. **Librationen** des Mondes 468,
784. **Licetus**, Kometennatur 562. **Licht**, Messung der Geschwindigkeit 124; Vergleichung der Geschwin-
digkeit des — mit anderen Bewegungen 128; Schwingungen 288; Quelle der Farben 293; Vibrations- und
Emanationshypothese 283; Polarisation 289; doppelte Brechung 290; Interferenz 285; — und Wärme 299,
303, s. Spectrum. **Lichtenberg**, intramerkurielle Planeten 348. **Lichtgewölk**, s. Sonnenfackeln.
Lichtgleichung, s. Aberration. **Liebhaberthum**, astronomisches — 981. **Liebherr**, Triebwerke 945.
Lindenau, über die Entdeckung des Neptun 765. **Linsen**, Brechung des Lichtes durch — 851.
Linsser, Rotation des Mars 386. **Lippersheim**, Fernrohr 850. **Löwy**, Komet Donati 554.
Log, 952. **Lohrmann**, Mondkarte 467, 471. **Lubienicius**, Natur der Kometen 514; Kometo-
graphie 563. **Ludolph**'sche Zahl 191. **Lützen**, Komet 1843 540. **Luftschifffahrt**, grösste Höhe 32,
241. **Lummis**, intramerkurielle Planeten 349. **Lunation**, 220. **Lundahl**, Eigenbewegung der Sonne
589. **Lutetia**, 397. **Luther**, Wiederauffindung der Daphne 399; der Calypso 400; der Freia 404; Erken-
nung der Krato 401; Entdeckung der Thetis 396, Proserpina 397, Bellona 397, Leucothea 398, Atalante
398, Aglaja 399, Virginia 400, Calypso 400, Concordia 400, Mnemosyne 400, Leto 402, Niobe 403, Diana
403; Veränderliche 624.
Maclaurie, Ebbe und Fluth 782. **Maclear**, Parallachse 121. **Mädler**, Einfluss des Mondes auf
Witterung 225; — und Beer, Rotation des Mars 386; Jahreszeiten auf Mars 387; Volumen der Asteroiden
406; Rotation Jupiters 416; physische Beschaffenheit des Mondes 460, 462, 463, 472; Mondkarte 467; Eigen-
bewegung der Fixsterne 589; Doppelsterne 600; veränderliche Eigenbewegung Procyons 621. **Mässlin**,
Erdlicht des Mondes 221; Kometenbahnen 515. **Mairan**, Orionnebel 655. **Maja**, 402. **Mala-**
pertius, Namen der Sonnenflecken 323. **Manlius**, Gnomon 832. **Maraldi**, Corona 337; Sonnen-
parallachse 373; Schneeflecken des Mars 387; veränderliche Sterne 628; Sterngruppen 642. **Ma-**
riotte's Gesetz 239. **Marius**, Jupitersatelliten 234; Andromeda-Nebel 655. **Mars**, Beobachtungen des
— für Sonnenparallachse 373; Entfernung, Umlaufszeit, Grösse, scheinbarer Durchmesser, Zeichen etc.
385; Flecken und Rotation 386; Atmosphäre 387; Abplattung 387; Schneeflecken 387; Vielfacher Nutzen
der **Marsbeobachtungen** 388; Parallachse 372. **Marth**, Entdeckung der Amphitrite 397. **Marx**, Fernrohr 860.
Maskelyne, gegen Eigenbewegung der Sonne 587; Dichte der Erde 714. **Mason**, Gradmessung 36. **Mas-**
salia, 396. **Masse**, überhaupt 56, 714; Bestimmung der — der Sonne 709, 712; der Planeten aus Satel-
liten und Störungen 418, 711, 751; der Doppelsterne 713; der Sonne gegen die der Planeten 730; des
Mondes aus Ebbe und Fluth 782. **Mathieu**, Meridiangrad 37. **Mauerkreis** 905. **Mauerquadrant**, s.
Quadrant. **Maupertuis**, Saturnring 425. **Maury**, über Planetenbeobachtungen 399; Komet Biela 526.
Mauvais, Komet 1843 544; ältere Neptunbeobachtungen 766. **Mayer**, J. R., Erhaltung und Vicariirung
der Kräfte 299; Quellen der Sonnenwärme 334; Länge des Tages 791. **Mayer**, T., Sonnenflecken 307;
Mondkarte 467; Eigenbewegung der Fixsterne 587. **Maximiliana**, 402. **Maxwell**, Natur des Saturnrings
428. **Méchain**, Gradmessung 37. **Melete** 399. **Melloni**, Wärme des Mondlichtes 225; Licht und Wärme
299; Blendgläser 321. **Melpomene** 396. **Meridian** 16, 19. **Meridiangradmessung** 36. **Meridian-**
kreis 895; Rektification und Gebrauch 899; Bestimmung des Zenithpunktes 900; des Polpunktes 902;
verschiedene Gattungen 904. **Meridianzeichen** 875. **Merkur**, scheinbare Bewegung 149; Name, Zeichen,
Entfernung, Revolution, Grösse etc. 351; Temperatur und Beleuchtung 353; Sichtbarkeit 353; Lichtphasen
354; Atmosphäre 355; Rotation 356; Jahreszeiten 356; Berge 356; Vorübergänge vor der Sonne 356.
Mersenne, Versuch über Erdrotation 48. **Merz**, Fernrohr 859. **Messier**, Kometen 494, 502; Halley's
Komet 518; Sternhaufen und Nebel 638 ff. **Meteorsteine** 706. **Meter**, kein Naturmass 38; — und Toise 40.
Metis 395. **Metius**, Fernrohr 850. **Michell**, Doppelsterne 623. **Mikrometer** 930; Schrauben — 931;
Positions — 932; Objektiv — 935; Kreis — 938. **Mikroskop**, Anwendung bei Messinstrumenten 827, 950.
Milchstrasse 58, 636; sonstige ähnliche Gebilde 582, 636. **Milichius**, Natur der Kometen 514. **Mit-**
chell, Miss, Komet Donati 546. **Mittag** 17, 75. s. Süd. **Mittagslinie** 16. **Mittagsrohr** 865;
Rektifikation 867 ff.; Gebrauch zur Zeit und Rectascensionsbestimmung 875; zur Breitenbestimmung 876
Mittel, widerstehendes — 820. **Mittelpunkt** der Rotation 774. **Mitternacht**, 17, 75, s. Nord. **Mitt-**
lere Bewegung der Planeten 170. **Mittlere** Planeten 192. **Mittlere** Position 253. **Mittlere** Sonnenzeit
209; Verwandlung in Sternzeit 214. **Mnemosyne** 400. **Moivre**, Wahrscheinlichkeitsrechnung 967. **Mo-**
lekularkräfte 669. **Molyneux**, Fixsternparallachse 122. **Monate**, Namen derselben 369; tropische
drakontische, siderische, anomalistische 217, 224, 743. **Mond**, Entfernung von der Erde 218; Umlaufszeit,
Masse, Dichte, Grösse u. s. w. 218; Phasen 218; ähnliche Phasen der Erde für den — 220; aschgraues
Licht 221; ob er rotirt 221; Jahreszeiten auf dem — 222; Tageszeiten 222; Messung seiner Entfernung
223; Bewegung seiner Bahn 223 verschiedene Monate 217, 224; veränderliche mittlere Bewegung 224;

sein Zweck nicht Beleuchtung der Erde 225; Einflüsse des — auf die Erde 225; verwickelte Bewegungen 225; drei grosse Ungleichheiten 226; Finsternisse 226; verschiedene Namen der Mondflecken 368; Betrachtungen über eine Reise zu diesem Himmelskörper 450; Bedingungen unserer Kenntniss des — 453; Winter- und Sommer-Vollmond 455; wie die Erde auf dem — erscheint 453; Tages- und Jahreszeiten auf dem — 455; wie der Himmel auf dem — erscheint 456; vordere und hintere Seite des — 457; Gestalt der Vorderseite 458, 468; Oberfläche des — 459; Messungen der Mondberge 460, 463; zwei Gattungen dieser Berge 461; Ringgebirge 461, 462; Rillen 461; Streifen 461; sogenannte Meere 462; Vulkane 462; Atmosphäre 464; Mangel an Wasser 463, 465; Topographie 466; plastische Darstellung des — 468; Photographien des — 468; Bewohner 474; Möglichkeit einer Correspondenz mit ihnen 478; Leuchtkraft des — 586; Berechnung seines Falles gegen die Erde 690; periodische Störungen 735; dienen zur Bestimmung der Erdabplattung, Sonnenparallachse etc. 739; säculare Störungen 743; Acceleration der mittleren Bewegung 745, 791; Revolution und Rotation gleich 783; Librationen 468, 784; säculare Aenderungen der Rotation 785; Bestimmung der Masse 782; **Monde**, der oberen Planeten, s. Satelliten; künstliche — 705. **Mondsfinsternisse**, s. Finsternisse. **Montaigne**, Venusmond 350. **Montanari**, veränderliche Sterne 628. **Montigny**, Funkeln der Sterne 574. **Morgen**, s. Ost. **Morgan**, Entdeckung der Urania 397. **Morstadt**, Biela's Komet 525. **Murmann**, Komet 1861 II. 557.

Nacht, lange unter den Polen 143. **Nachtbogen** 21. **Nachtgleichen**, s. Aequinoctialpunkte. **Nadir** 14. **Namen**, sonderbar gewählte — von Gestirnen 368; von Monaten 369. **Naturmaass** 38. **Nautische** Astronomie 950. **Nebelflecken**, s. Sterngruppen. **Negativ** in der Geometrie 27. **Neigung** und Knoten der Planetenbahnen 171; — und Excentricität bei Planeten klein 731. **Nemausa** 400. **Neptun**, Entfernung, Umlaufszeit, Grösse etc. 441; Geschichte seiner Entdeckung 441, 752; Bewohner des — 442; von — erzeugte Anomalien am Uranus 441, 753; Le Verrier's Untersuchungen 757; Auffindung 765; ältere Beobachtungen 766; Name 766; Adams' Arbeiten 767; Elemente des — 771; Varianten über die Masse 771; Satellit des — 442, 771. **Neptunisten** 795. **Nervander**, ungleiche Wärmestrahlung der Sonne 336. **Netze** als Mikrometer 863; Rectification 867. **Neue** oder wieder verschwundene Sterne 631. **Newcomb**, Ursprung der Asteroiden 404; Lage der Perihelien der Asteroiden 409. **Newton**, seine Vorgänger 679; Gravitation 677 ff.; Inhalt der „Principien" 695; Emanationshypothese 284; Pendel als Beweis für die Erdrotation 59; freier Fall 49; Zerlegung der Kräfte 716; Quelle des Sonnenlichtes 331; Bestimmung der Masse der Hauptplaneten durch die Satelliten 418; Schwere wirkt auf alle Körper gleich 419; Kometenbahnen 516; Farbenspektrum 857; Reflektoren 857, 860; Spiegelsextant 926; Parallachse 118; Rotation des Mondes 222. **Nicol** 291. **Nikolai**, Masse Jupiters 418; Komet Faye 534; Komet De Vico 1844 537; Komet 1843 540, 543; Problem der drei Körper 733; Bewegung der Mondapsiden 744; transuranischer Planet 756. **Niobe** 403. **Nonius** 948. **Nord** oder Mitternacht 16, 23. **Nordpol** 15, 23. **Nutation** 251. **Nutzen** der Astronomie 976. **Nysa** 399.

Octant, Instrument 845. **Octanten** des Mondes 218. **Oeltzen**, intramerkurielle Planeten 349; Lage der Danaebahn 400. **Ohrt**, intramerkurielle Planeten 349. **Olbers**, Entdeckung der Pallas und der Vesta 392, 393; Entstehung der Asteroiden 393, 404; Saturnring 434; Albedo der Planeten 405; Vertheilung der Asteroidenbahnen 409; Komet von 1811 499; Komet — 509, 523. **Olufsen**, Sonnentafeln 740. **Olympia** 401. **Oppolzer**, Wiederauffindung der Angelina 402, der Freia 404. **Opposition** 123. **Oriani**, Entdeckung der Ceres 390. **Ortsbestimmung** der Sterne gegen Horizont 18; gegen Aequator 18; gegen Ekliptik 18. **Oskulirende** Ellipse 740. **Ost** oder Morgen 17, 76. **Oudemanns**, Veränderliche 624.

Pacinotti, Komet 1862, III. 559. **Packhurst**, Komet Donati 544. **Pales** 399. **Palitzsch**, Halley'scher Komet 518; veränderliche Sterne 628. **Pallas**, Alter der menschlichen Kultur 776. **Pallas**, Planet 392. **Pandora** 400. **Panopea** 402. **Pape** über Planetenentdeckungen 398; Nebel 660. **Parabel** 720; Unwahrscheinlichkeit der — als Bahn 724; Aehnlichkeit mit Hyperbel und Ellipse 508, 545, 724; Bahn der geworfenen Körper 717. **Parallaktische** Maschinen 920. **Parallachse** der Gestirne 100; Horizontal- und Höhen — 107; tägliche 101; Mittel, die Entfernung der Gestirne zu finden 104; jährliche 112, 169; Bestimmung der — durch Beobachtungen 105; Geschichte der — der Fixsterne 117; periodische Aenderung der Fixsterne — 123; aus der — folgende Entfernung der Fixsterne 585; — der Sonne 374. **Parallelkreis** 20. **Parallelogramm** der Kräfte 129, 715. **Paravey**, ägyptische Tempel 255. **Parthenope** 395. **Pascal**, Wahrscheinlichkeitsrechnung 967. **Passagen-Instrument**, s. Mittagsrohr. **Passagen-Prisma** 883. **Pastorff**, Sonnenflecken 309; Vorübergänge von Kometen vor Sonne 503. **Peirce**, über Neptun 771. **Pendel**, Erklärung 59; Sekundenpendel 60; verschiedene Länge desselben auf der Oberfläche der Erde 62; Messung der Schwere durch — 62; Foucault's Versuch 64. **Perigeum** oder Erdnähe 182. **Perihelium** oder Sonnennähe 183. **Perser**, Astronomie der — 85. **Perturbationen**, allgemeine Betrachtung 727; Schwierigkeit ihrer Bestimmung 728; Erleichterung derselben 729; periodische 734, 740; säculäre 734, 743, 747; Bestimmung der Sonnenparallachse und der Erdabplattung durch — 739; Bestimmung der Massen durch — 751; specielle — 740; — zwischen Jupiter und Saturn 740; Einfluss der — auf Jahreszeiten 750; — der Kometen 786. **Peters**, C. A. F., Parallachse 121; Akolyth des Sirius 619. **Peters**, C. H. F., Sonnenflecken 314, 315, 316, 318; Entdeckung der Feronia 403; Eurydice 403; Frigga 403. **Petersen**, ältere Neptunbeobachtungen 766. **Phocäa** 397. **Photosphäre** der Sonne 306, 324; Beschaffenheit und Erhaltung der — 327. **Phranza**, vermeintliche Mondbedeckung durch einen Kometen 503. **Piazzi**, Sternkatalog 89, 588; Fixsternparallachse 118; Entdeckung und Name der Ceres 389; Veränderlichkeit der Gebäude durch Temperatur 833. **Picard**, Fernrohr an Messinstrumenten 37; Beobachtungen des Mars für Sonnenparallachse 373; Orionnebel 655. **Pigott**, Veränderliche 625. **Pistor**, Prismenkreis 930; Universalinstrument 910. **Plana**, Galilei, Entdecker der Sonnenflecken 320, 322; Dichte der Erde 714. **Plantade**, Corona 337. **Planeten** oder Wandelsterne 72, 148; kugelförmige Gestalt 35: scheinbare unregelmässige Bewegung 148; obere und untere Planeten 149, 384; Bewohner der — 568; kleine, s. Asteroiden; graphische Darstellung der geometrischen Bewegung 151; der heliometrischen 186; synodische Revolution 153; Durchgang durch die Ekliptik 153; siderische Revolution 154; wie sie bestimmt wird 155; Distanzen von der Sonne 175; tropische Revolution 171; doppelte Ungleichheit der — 158; ältere Erklärung der ersten Ungleichheit 159; der zweiten 161; heliocentrischer oder geocentrischer Ort 168, 173; einfachste Theorie 170; Epoche und mittlere Bewegung 170; Neigung und Knoten 171; Länge in der Bahn und in der Ekliptik 171; Breite und Argument der Breite 172; Theorie mit Rücksicht auf Knoten und Neigung 172; Korrektion der Bahnelemente 174; Elemente der Bahnen 175; Umlaufszeiten 176; Veränderlichkeit der scheinbaren Durchmesser und der Geschwindigkeiten 181; mittlere und wahre — 192; Gleichung der Bahn und Radius Vector 193; mittlere und wahre Anomalie und Länge 193; elliptischer Ort der — 194; intramerkurielle — 345; Namen der — 395, 399; Albedo der — 405; Zeichen der — 396, 401; Reihe der Entfernungen von der Sonne 389; Geschichte der Lehre von der Bahnbestimmung der — 390; die grossen — zerfallen in zwei Gruppen 414; Alter der — 416; Bewohner der — 442; grosse Distanzen zwischen den einzelnen Planetenbahnen 732; von der Erde 729; Gestalt der Planeten im Allgemeinen 772; neue kleine —, s. Asteroiden, Perturbationen, Weltsystem; Genaue Bahnbestimmung 752; ursprünglicher Stoss auf — 98, 773; Grosse Bahnachsen constant 792; Umlaufszeiten incommensurabel 794; Alter der — 798. **Planetensystem**, graphische Darstellung 491; ptolemäisches — 156; ägyptisches — 157; copernicanisches — 165; Tychonisches — 180; Kepler'sches — 181; Uebersicht des ganzen — 202, 491. **Planetentafeln**, Einrichtung 195; Gebrauch 196. **Planmann**, Sonnenparallachse 374. **Plantamour**, Komet Biela 526, 528. **Plateau**, Ursprung der Planeten 810. **Playfair**, Dichte der Erde 714. **Plejaden** 590. **Plinius**, d. ä., Entfernung der Sonne

372; Kometen 561, 562. **Plössl**, Fernrohre 859; Triebwerke 946; Passagenprisma 885; Aequatorial 922. **Plutarch**, Kometen 561. **Plutonisten**, 795. **Pogson**, Entdeckung der Amphitrite 397; der Isis 399; Ariadne 399; Hestia 399; Asia 402; Veränderliche 625. **Poisson**, Vibrationshypothese 284; Dauer des Weltsystems 815; Veränderlichkeit der grossen Bahnachsen 793. **Polarisation** des Lichts 289; — der Kometen 503. **Polarkreise** 21. **Polarsterne** für verschiedene Epochen 250. **Poldistanz** 16, 23. **Pole**, der Kreise auf der Kugel 12; s. Weltpol, Nordpol, Südpol. **Polhöhe** 17, 23; gleichbedeutend mit geographischer Breite 20; durch Declination und Zenithdistanz gegeben 22; Bestimmung durch Beobachtungen 78, 80, 876. **Polyhymnia** 398. **Pomona** 398. **Pons**, Kometen 494; Komet Encke 523. **Pontécoulant**, Halley's Komet 518. **Porro**, Blendgläser 321. **Posidonius**, Entfernung der Sonne 372. **Positionswinkel** 933. **Positiv** in der Geometrie 27. **Pouillet**, Intensität der Sonnenwärme 329. **Pound**, Jupiters Satelliten 418, 419. **Pound**, Abplattung Jupiters 416. **Powell**, Doppelsterne 601. **Präcession** 24; Einfluss auf scheinbaren Ort der Sterne 248; auf Zeichen des Thierkreises 249; Polarsterne für verschiedene Epochen 250; — und Nutation 252; Anwendung auf Chronologie 250, 253; Tafeln der — 271; Einfluss auf Länge des Jahres 749. **Prazmowsky**, Corona 342. **Prevost**, Eigenbewegung der Sonne 587. **Proserpina** 397. **Protuberanzen** 337. **Pseudo-Daphne** 399. **Psyche** 396. **Ptolemäus**, Planetetensystem 156; Präcession 253; Entfernung der Sonne 372; Sternkatalog 575; Evection 736; Triquetrum 833; Armillen 835. **Puissant**, Gradmessung 37. **Pythagoras**, Entfernung der Sonne 372. **Pytheas**, Gnomon 831.

Quadrant im Allgemeinen 26. **Quadrant-Instrument** 77, 834; Polhöhe und Declination damit zu bestimmen 78; mit zwei Fernröhren 843; Mauerquadrant 845. **Quadrate**, Methode der kleinsten 969. **Quadratur** 122.

Radau, intramerkurielle Planeten 349. **Radius**, Vector oder Leitstrahl 188. **Ramsden**, Mauerquadrant 848; Höhen- und Azimuthkreis 910. **Raschig**, Sonnenflecken 309. **Rectascension** oder Gerade Aufsteigung 18, 23; — durch Stundenwinkel und Sternzeit gegeben 23; — gleich Sternzeit der Culmination 23; — und Declination 18; Bestimmung einer ersten — 89. **Reflectoren** 857, 860. **Refractoren** 857. **Refraction** oder Strahlenbrechung in der Atmosphäre 239; Bestimmung ihrer Grösse 240; Horizontal-Refraction 242; verlängert unsere Tage 242; andere Einflüsse 242; terrestrische — 244; s. Brechung. **Reggio**, Gnomon 832; **Regulator** 942. **Reich**, Dichte der Erde 715. **Reichenbach**, Veränderlichkeit der Gebäude durch Temperatur 305, 829; Meridiankreis 906; Universal-Instrument 911; Aequatorial 920. **Reiterlein** 591. **Repheld**, Aequatorial 921; Meridiankreis 906; Universal-Instrument 910. **Retrograde**, scheinbare Bewegung der Planeten 148; wirkliche der Kometen 811. **Revolutionen** der Planeten, synodische 153, 177; siderische 154; tropische 171; anomalistische 743; Bestimmung der — 176; Vortheile sehr alter Beobachtungen 178; — sind inncommensurabel 794; erfolgen nach derselben Richtung 807. **Riccioli**, gegen die Rotation der Erde 48; Fixstern-Parallachse 118; Mondkarte 368, 466; Entfernung der Sonne 372; Saturnring 425; Natur der Kometen 563. **Richer**, Pendel 59; Beobachtungen in Cayenne 373. **Ring** Saturns, Abmessung und Lage desselben 236, 426; wie er den früheren Beobachtern erschien 424; Huyghens entdeckt seine wahre Gestalt 236, 425; dunkler — 427; Beschaffenheit des — 428; Excentricität des — 429; Neigung und Knoten 429; Ursachen seines Verschwindens 429; verschiedene Gestalten für die Erde 431; Berge und Atmosphäre 432; Rotation 433; frühere Zweifel darüber 433; Lösung derselben 434; Anblick des — vom Saturn 435; Vor- und Nachtheile für die Bewohner des Saturns 436. **Roberval**, Saturnring, 425; Methode der korrespondirenden Höhen 843. **Römer**, Fixstern-Parallachse 118; Geschwindigkeit des Lichtes 125; Beobachtungen des Mars für Sonnenparallachse 373; Mars-Atmosphäre 387; Mittagsrohr 866, 877. **Rogerson**, Veränderliche 626. **Rosa**, Komet 1862 III 559. **Rosenberger**, Halley's Komet 518. **Rosse**, Sternhaufen und Nebel 638 ff.; Reflectoren 861. **Rotation** der Erde und anderer Himmelskörper 44; Mittelpunkt der freien — 774; freie Achse der — 789. **Rowley**, Fixstern-Parallachse 118. **Rümker**, Sternkatalog 89, 576.

Sabine, Sonnenflecken und Erdmagnetismus 326. **Saemann**, Erdwärme 798. **Safford**, Entdeckung der Feronia 403; Akolyth des Sirius 620. **Santini**, Sternkatalog 89; Komet Biela 525. **Sappho** 404. **Satelliten** oder Trabanten, Mond als Satellit 217; Jupiter's — 234, 483; Saturns, Uranus und Neptun's 236, 237, 490; Jupiters — lehrten die Geschwindigkeit des Lichts, die Entfernung Jupiters von der Sonne und die Aberration kennen und dienen zur Längenbestimmung 235, 489; frühere Namen derselben 368; Geschichte ihrer Entdeckung 489; Sichtbarkeit mit freiem Auge 490; wie sie vom Jupiter erscheinen 483; Vorübergänge vor der Jupitersscheibe 484; Gleichheit der Revolution/ und Rotation 484; Verfinsterungen der — 485; Verfinsterungen Jupiters durch die — 487; Theorie 488; Verhältnisse ihrer Bewegungen 488; Anblick des Himmels von diesen Monden 489; dunkle Satelliten der Fixsterne 619. **Saturn**, Entfernung, Revolution 422; Grösse und Masse 423; Atmosphäre und Streifen 423; Rotation und Abplattung 424; ältere Meinungen über seine Gestalt 424; Zeichnung 429; Himmel des — 435; grosse Störung durch Jupiter 740; — Ring 426; Satelliten 236. **Savary**, Entfernung der Doppelsterne 598; Bahn der Sternakolythen 598. **Schatten** der Erdbewohner in verschiedenen Zonen 142. **Scheinbare** Position 253. **Scheiner**, Sonnenflecken 314, 320; Rotation der Soene 321, 322; Blendgläser 320; Topographie des Mondes 466. **Scheitel** der Ellipse 188, s. Zenith. **Scheitelkreis**, s. Vertikal. **Scheuter**, intramerkurielle Planeten 348. **Schiaparelli**, Entdeckung der Hesperia 403. **Schiefe** der Ekliptik 19, 23, 79, 80; säkuläre Abnahme 83; genauere Bestimmung 86; Ursache der Jahreszeiten 139; Folgen einer Veränderung der — 146. **Schiller**, Sternkarte 368. **Schirläus**, Topographie des Monde 466. **Schjellerup**, Komet 1862, III. 559; Sternkatalog 576. **Schmidt**, Erddimensionen 39. **Schmidt, J.**, Komet 1843, 540; Komet 1861, II. 555; Komet 1862, III. 559; Farbe des Sirius 574; Veränderliche 624. **Schneegrenze** 145. **Schönfeld**, Veränderliche 624. **Schröter**, Atmosphäre und Rotation Merkurs 351, 356; Flecken, Atmosphäre und Rotation der Venus 363, 365; des Mars 386; des Jupiter 416; Saturns Flecken und Abplattung 423, 424; Saturnring 426, 432; physische Beschaffenheit des Mondes 462, 465, 467, 472, 473; Vorübergänge der Jupitersatelliten 488; Kometenschweife 501, 515; Komet Biela 525. **Schubert**, Entdeckung der Pseudo-Daphne (Melete) 399; veränderliche Eigenbewegung von Fixsternen 621. **Schübler**, Einfluss des Mondes auf Witterung 223. **Schülen**, Natur der Sonnenflecken 323. **Schuhmacher**, Sternwarte in Altona 970; **Schwabe**, Sonnenflecken 307, 308, 310, 311, 314, 315; Fackeln 319; Saturnring 429; Lichtstreifen des Monds 462. **Schweizer**, Komet 1862, III. 560. **Schwerd**, St rnkatalog 89; Photometrie 572; Veränderliche 625. **Schwere** der Erde 52; verschiedene Mittel die — zu messen 56; Wirkung auf den Gang der Uhren 59; Sekundenpendel 60; wirkt auf alle Körper gleich 419, 713; allgemeine — 669, 671, 677; Geschichte der Entdeckung 679; Kraft der Erde in grösseren Entfernungen 682, 686; Wirkung der Erde auf ruhende und bewegte Körper 687; einfache Ableitung des Gesetzes der allgemeinen — 690; nähere Bestimmung dieses Gesetzes 701. **Schwungkraft** s. Fliehkraft. **Scott**, intramerkurielle Planeten 348. **Searle**, Entdeckung der Pandora 400. **Secchi**, Sonnenflecken und Witterung 326; Atmosphäre der Sonne 335; ungleiche Wärmestrahlung der Sonne 336; Flecken des Mars 387; Saturnring 428; Mondkrater 462; Rotation und Revolution des III. Jupitersatelliten 484; Komet Biela 527; Komet 1860. III. 554; Nebel 649 ff. **Sedillot**, Beobachtungen der Araber 85. **Seeling**, Komet 1861, II. 557. **Seidel**, Albedo der Planeten 405; relative Helligkeit der Fixsterne 572, 586. **Sekundenpendel**, siehe Pendel. **Seneca**, grosse Kometen 500; Kometennatur 562. **Sestini**, Farbe der Sterne als Erkennungsmittel der Eigenbewegung 589. **Sextant** 845; Hadley's 926; Gebrauch 928; Rektifikation 929. **Short**, Venusmond 367; Abplattung Jupiters 416; Saturnring 426. **Siderische** Revolution 155. **Simons**, Komet 1862, III. 559. **Sisson**, Mauerquadrant 847. **Sinus** 26. **Siriusweite** 577. **Smyth**, Doppelsterne 603. **Snellius**, Gradmessung 37. **Solstitial-** oder Wendepunkt 19, 77, 141. **Sonne**, jährliche

scheinbare Bewegung 72; erklärt durch Bewegung der Erde 93; woran sie erkannt und näher bestimmt wird 72, 74, 79; Ort der — für jeden Tag des Jahres 90; mittlere und wahre — 210; angemessenster Ort im Weltraum 95; Masse 279; Grösse 280; Distanz von den Planeten 175; Finsternisse 230, 479; Aberglauben über Finsternisse 477; Reflex ihrer Strahlen durch die Atmosphäre 246; Dichte 280; Fall der Körper auf der — 281; physische Beschaffenheit 282; die — Ursprung von Licht und Wärme 303; Photosphäre, Flecken, Fackeln der — 306 s. Photosphäre, Sonnenflecken, Sonnenfackeln, Corona, Protuberanzen; Rotation der — 312, 316, 321; vermeintliche Satelliten der — 322, 369; ist ihre Oberfläche ein Feuer? 327; Intensität der Wärme der — 328; Strahlung der — 329; Quellen der Wärme der — 330, Atmosphäre der — 335; Verschiedenheit der Wärme auf ihrer Oberfläche 336; Erscheinungen bei totalen Finsternissen der — 336; Hüllen der — 343; dreifache Bewegung der — 343; Parallachse und Entfernung der — 372, 375; Leuchtkraft der — 586; Eigenbewegung der — 587; Bestimmung der Masse der — 709, 712; überwiegende Masse der — gegen die der Planeten 730; — Parallachse der — aus Mondstörungen 739; Wirkung der — auf Temperatur der Erde 798; auf andere Planeten 799. **Sonnenfackeln** oder Lichtgewölk 306, 319. **Sonnenferne**, s. Aphelium. **Sonnenflecken**, Beschreibung 306; Eigenbewegung der — 316; Entdeckung 325; Grösse 307; Periodicität 310; Zonen der — 314; Natur der — 322; Namen der — 323; Zusammenhang der — mit andern Erscheinungen 325; Einfluss der — auf die Witterung 325; haben gleiche Periode mit den magnetischen Variationen 326; Mittel die Rotation der Sonne zu finden 312, 316; Sichtbarkeit mit freiem Auge 371. **Sonnennähe**, s. Perihelium. **Sonnenparallachse.** Wie sie bestimmt wird 369; frühere Versuche sie zu bestimmen 372; Bestimmung durch den Mond 739. **Sonnentafeln** 86. **Sonnentag.** 23. **Sonnenuhren.** 886; Horizontaluhr 888, 891; Aequatorialuhr 889; Sonnenuhr für jede gegebene Fläche 892; kolossale indische 890. **Sonnenwende**, s. Solstitium. **Sonnenzeit**, wahre 17. **South**, Mars-Atmosphäre 387; Saturnring 429; Doppelsterne 622. **Spectralanalyse** 295. **Spectrum** 292; chemisches — 298. **Sphärische** Abweichung 857. **Stampfer**, Volumen der Asteroiden 405; Albedo der Planeten 405. **Stark**, intramerkurielle Planeten 348. **Stationäre** Planeten 149. **Staudacher**, intramerkurielle Planeten 348. **Steinheil**, Albedo der Planeten 405; scheinbare Sterngrössen 572; Passagenprisma 884; Meridiankreis 914; Prismenkreis 930. **Sternaichungen** 586. **Sternbilder**, verschiedene Namen derselben 369. **Sterngruppen** und Nebel 635. Eintheilung 637; Verzeichnisse 638; Vertheilung am Himmel 638; leicht sichtbare Gruppen 639; teleskopische Gruppen 639; Grösse und Entfernung der teleskopischen Gruppen 640; Natur derselben 640; vorzüglichste Gruppen 640; Nebelmassen 644; weit verbreitete Nebel 644; grössere unregelmässige Nebel 645; Nebel mit helleren Theilen 645; Nebel von regelmässiger Gestalt 646; Doppelnebel 647; planetarische Nebel 648; Sternnebel 649; Sterne mit Nebelstrahlen 651; ringförmige Nebel 652; Zwitternebel 653; Crab-Nebula 654; grosser Nebel in der Andromeda 655; im Orion 655; — des südlichen Himmels 657; Kapwolken etc. 658; Eigenbewegung und Veränderlichkeit der — 659; Entstehung und Ausbildung der — 661. **Sternkarten** 267, 394, 576. **Sternkataloge** 86, 89, 588, 848. **Sternschnuppen** 708; zur Längenbestimmung 956. **Sterntag** 23, 208. **Sternwarten** 969; 983. **Sternweite** 115, 577, 597. **Sternzeit** durch Rectascension und Stundenwinkel eines Sternes gegeben 22; — der Culmination gleich Rectascension 23; — gleich Stundenwinkel des Frühlingspunktes 22, 23, 208; — und Sonnenzeit 213; Gebrauch der — 216; **Stillstand** 149. **Stoddart**, Sichtbarkeit des Saturnringes 424; der Jupitersmonde 490. **Störungen**, s. Perturbationen. **Stoss**, ursprünglicher, auf die Planeten 98, 773. **Strahlenbrechung**, s. Refraktion. **Struve, O.**, Eigenbewegung der Sonne 589; dunkler Saturnring 428; Parallachse 121; Komet Biela 527, 528; Komet Faye 534; Orionnebel 655. **Struve, W.**, Abplattung Jupiters 416; Saturnring 426; Stoff der Kometen 503; Sternmenge 578, 581; Doppelsterne 592, 594, 595, 600, 622; Sternwarte zu Pulkowa 971. **Stundenkreis**, s. Declinationskreis. **Stundenwinkel** 17, 23; — und Declination 18; — durch Rectascension und Sternzeit gegeben 23. **Stundenzeiger**, Eble's — 914. **Süd** oder Mittag 16, 23. **Südpol** 15. **Sully**, Gnomon 832. **Swift**, Komet 1862, III. 559. **Synodische** Revolution 153. **Syzygien** 122.

Tägliche Bewegung, s. Erde. **Tag** 208; unveränderliche Länge 790; Einfluss der Temperatur des Erdkörpers auf die Tageslänge 796. **Tagbogen** 21. **Tangente** 26. **Tangentialkraft** 722. **Tarde**, Namen der Sonnenflecken 323. **Tautochrone**, Erscheinungen 235. **Taylor**, Sternkatalog 89, 576. **Tebbutt**, Komet 1861 II 555. **Tempel**, Entdeckung der Angelina 402; Maximiliana (Cybele) 402; Galatea 403. **Temperatur** verschiedener Erdzonen 144; mittlere 146; der Erde 797; der Planeten 798. **Tentyris**, Thierkreis 254. **Thalia** 397. **Theilungsfehler** 828. **Themis** 397. **Theodolit** 310 ff. **Thetis**, der Asteroid 396. **Thierkreis** 92; Verrücken seiner Zeichen 189; Alter 254. **Tiefe**, grösste erreichte auf der Erde 241. **Timocharis**, Sternkatalog 586. **Titania** 401. **Titius**, Reihenfolge der Planeten 389. **Toise** und Meter 40. **Toskanelli**, Gnomon 832. **Trabanten**, s. Satelliten. **Trägheit**, Princip der — 676. **Transversalen** 845, 946. **Trapez** des Orionnebels 594. **Triesnecker**, Masse Jupiter's 419. **Trigonometrische** Linien 25; — Tafeln 26; — Rechnung 81, 90, 101; Graphische Auflösung der Dreiecke 90. **Triquetrum** 833. **Tropische** Revolution 171; — veränderlich 749. **Troughton**, Mauerkreis 905. **Tuttle**, Entdeckung der Maja 402; Klytia 403; Komet — 509; Komet Donati 546; Komet 1862 III 559; Nebel 660. **Tycho de Brahe**, Sternkatalog und Sonnentafeln 86; Planetensystem 180; Gegner der Erdrotation 48; Fixsternparallaxe 118; Variation 737; Entfernung der Sonne 372; Kometenbahnen 515; Sternkatalog 575; Veränderliche 631; Quadrant 838, 845, 847; Transversalen 847, 947; Armillen 835. **Tychonischer** Stern 632.

Uhren, Gebrauch 838, 842, 879, 939; Beschreibung 942; verschiedene Arten 942; Triebwerke 944; **Uhrzeit** 880. **Ulugh-Bey**, Sternkatalog 575; Gnomon 832; Quadrant 834. **Umlaufszeit**, s. Revolution. **Undulations-** s. Vibrationshypothese. **Ungleichheit**, s. Planeten. **Universalinstrument** 911. **Untergang** 21. **Urania** 397. **Uranus**, Entfernung und Revolution etc. 438; Entdeckung, Name, Zeichen etc. 438; Grösse und Masse 439; Satelliten 439; Tags- und Jahreszeiten 440; Bewohner 440; s. Satelliten. **Ursprung** des Weltsystemes 801.

Valterama, Natur der Kometen 562. **Valz**, ekliptische Sternkarten 394, 396; Aequinoctialkarten 400. **Variation** 226, 737. **Venus**, scheinbare Bewegung 149; Name und Zeichen, helles Licht 360; Entfernung und Revolution 361; Durchmesser 362; Lichtphasen 362; hellster Glanz 362; dunkle Phase 363; Flecken und Atmosphäre 363; Berge 365; Rotation 365; Tags- und Jahreszeiten 366; Anblick des Himmels von — 367; Mond der — 367; Durchgänge vor der Sonne 369; von 1761 371; von 1769 373. **Veränderliche** Sterne 624; neue und wieder verschwundene 631; Art ihrer Beobachtung 635. **Veränderlichkeit** der Körper durch Temperatur 829; **Vernier** 948. **Vertikal** oder Höhenkreis im Allgemeinen 15, 23; Erster 839; Breitenbestimmung im Ersten — 877. **Vertikalkreis**, Instrument 906; Gebrauch 908; Rektifikation 908. **Vesta**, 393. **Vibrations-** oder Undulationshypothese 283. **Victoria** 395. **Villarceau**, Komet d'Arrest 538; Doppelsterne 598. **Virginia** 399. **Visconti**, ägyptische Tempel 255. **Volum** 56, 714. **Vorrücken** der Nachtgleichen, s. Präcession.

Wärme, Aequivalent der — 300; allgemeiner Einfluss 303; Verbindung mit dem Lichte 303. **Wahre** Zeit 17. **Wahrscheinlichkeits-**Rechnung 967; Anwendung auf Astronomie 967; Nutzen 968. **Walker**, ältere Neptunbeobachtungen 766. **Wallis**, Fixsternparallachse 118. **Wandelsterne**, s. Planeten. **Wargentin**, Venusmond 367. **Wasserwage** 829, 870. **Watson**, Entdeckung der Eurynome 404. **Weiss, A.**, Sonnenflecken 310. **Weiss, E.**, Sonnenflecken 309; Namen der Elpis 400. **Weltachse** 15. **Weltpole** 15. **Weltsystem**, Ursprung 801; besondere Eigenschaften 807; Dauer 813. **Wendekreise**, 21. **Wendelin**, Halley's Komet 515; vielfache Kometenkerne 529; **Wendepunkte**, s. Solstitialpunkte. **West** oder Abend 17, 23, 76. **Westphal**, Komet — 509. **Wheatstone**, Geschwindigkeit der Electricität 128. **Whiston**, Geogonie 803.

Whiston, Komet 1680 563. **Wichmann**, Komet Biela 526. **Wilson**, Natur der Sonnenflecken 323.
Winnecke, Komet — 509. **Witte**, Mondrelief 468. **Wolf**, Sonnenflecken 311, 312, 314; Sonnenflecken und
Erdmagnetismus 326; Veränderliche 630. **Wollaston**, dunkle Linien im Spectrum 293; Photometrie 572.
Wurflinie 716. **Wurm**, Reihe der Planeten 389, Jupitersmasse 419; Veränderliche 628. **Young**, Vibrations-
hypothese 284.

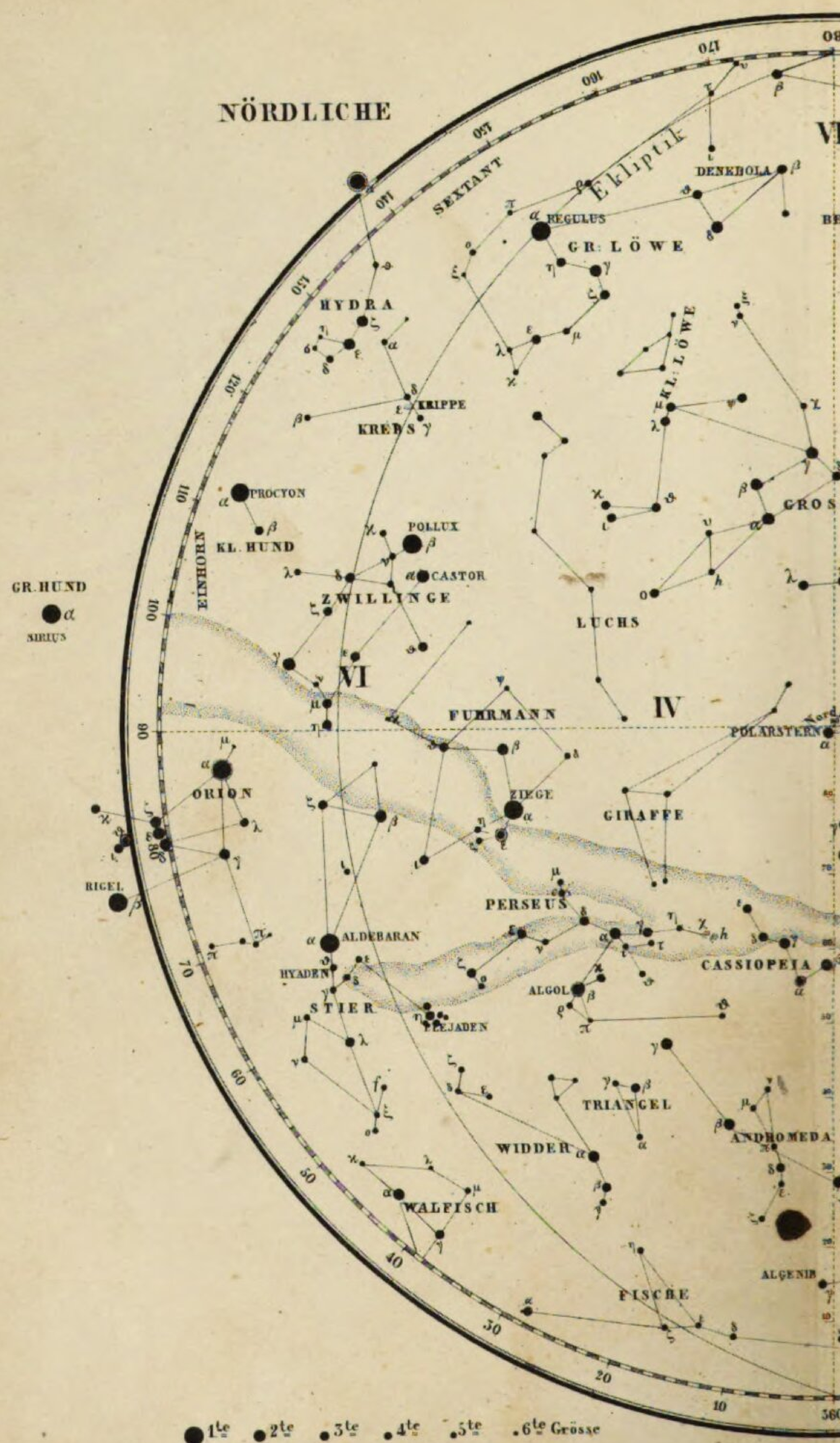
Zach, Reihe der Planeten 389; Entdekung der Ceres 390, 392. **Zeichen**, Eintheilung des Kreises
— nach 92; — der Planeten 396, 401; des Thierkreises 92. **Zeit**, im Gegensatze von Bogen 11; — Bestimmung 208;
Sternzeit s. d.; mittlere und wahre 209, 212; Bestimmung durch den Globus 264; durch den Quadranten 836;
durch das Mittagsrohr 875; durch ein einfaches Fernrohr 877; ohne Fernrohr 880; durch das Dipleidoskop 883;
durch das Passagenprisma 884; durch Sonnenuhr n 886; durch Eble's Zeitbestimmungswerk etc. 914; ältere
Methoden der Zeitbestimmung 835; neuere Methoden 838. **Zeitgleichung** 209, 212. **Zenareïden**, passender
Name für die Asteroiden 393. **Zenith** 14, 23. **Zenithdistanz** 15, 23; durch Polhöhe und Declination ge-
geben 22. **Zodiacus**, s. Thierkreis. **Zodiakallicht** 777. **Zöllner**, Photometrie 572, 586; Farben der
Sterne 607. **Zonen** der Erde 141.

Bayerische
Staatsbibliothek
MÜNCHEN

Druck von C. Hoffmann in Stuttgart.

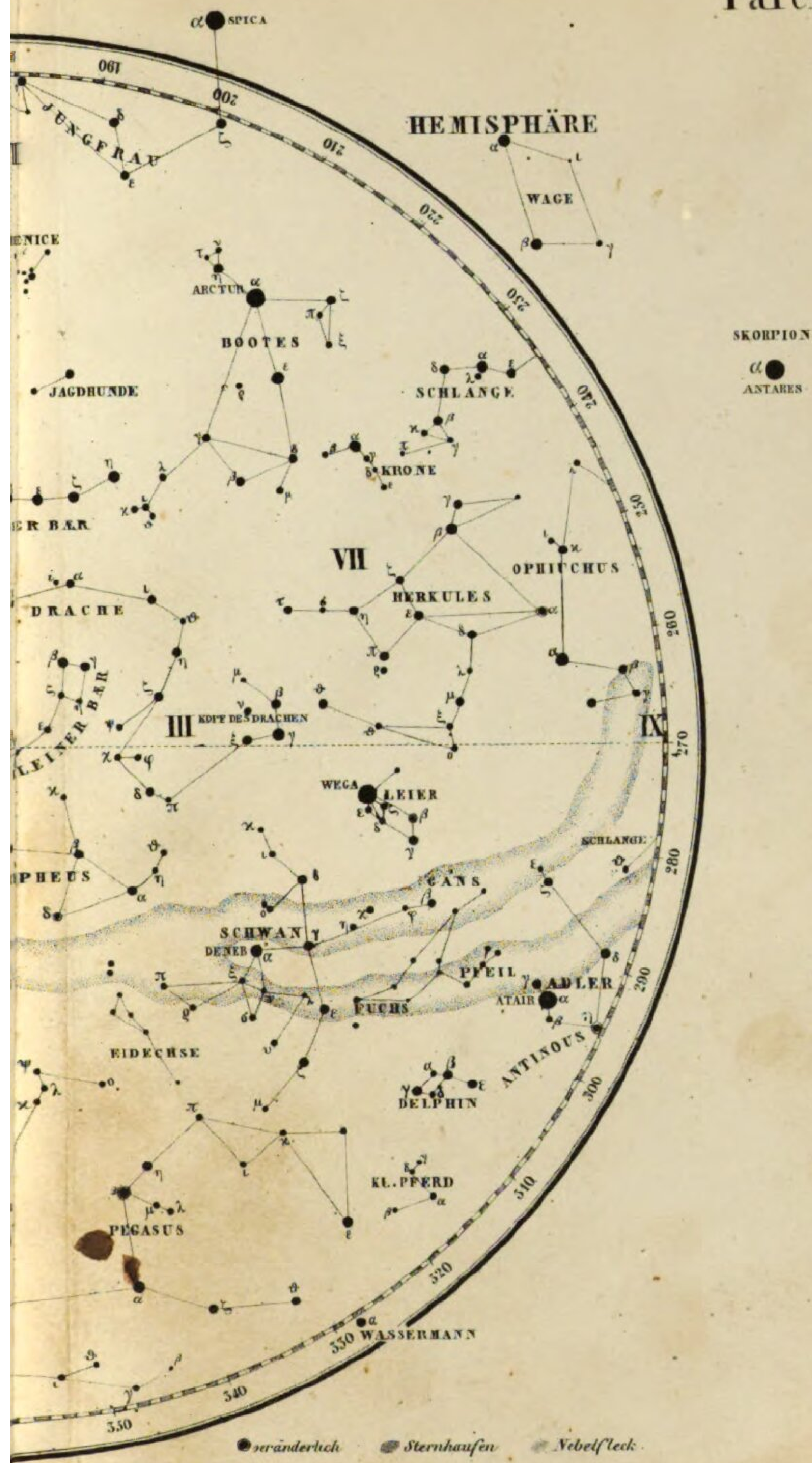
S. 822

NÖRDLICHE



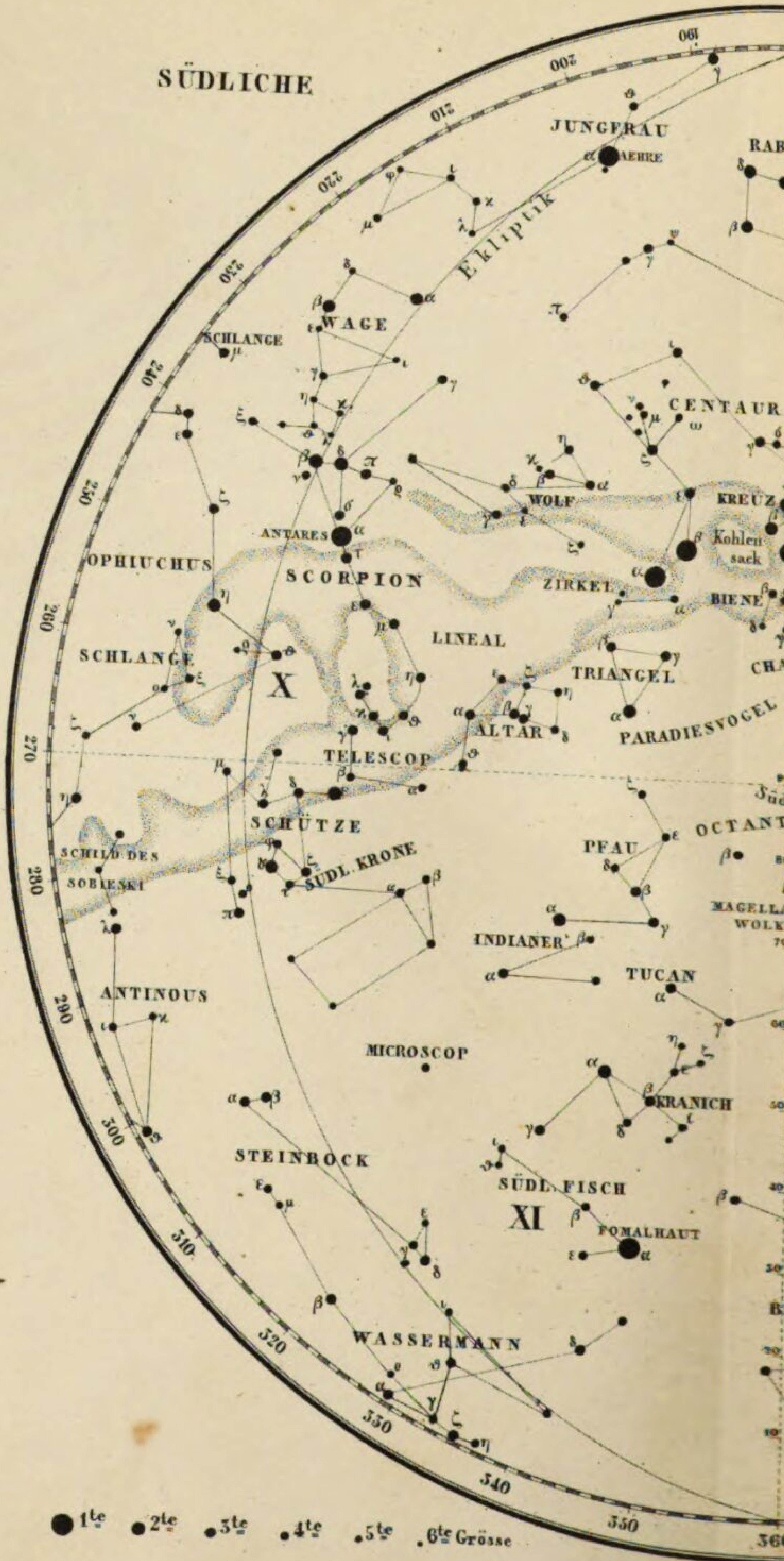
Ekliptik
SEXTANT
REGULUS
GR: LÖWE
DENEBOLA
HYDRA
KL: LÖWE
KRIPPE
KREBS
PROCYON
KL. HUND
EINHORN
POLLUX
CASTOR
ZWILLINGE
GR. HUND
SIRIUS
LUCHS
VI
IV
FUHRMANN
POLARSTERN
ORION
ZIEGE
GIRAFFE
RIGEL
PERSEUS
ALDEBARAN
HYADEN
CASSIOPEIA
ALGOL
STIER
PLEJADEN
TRIANGEL
ANDROMEDA
WIDDER
WALFISCH
ALGENIB
FISCHE
1te 2te 3te 4te 5te 6te Grösse

Tafel I.

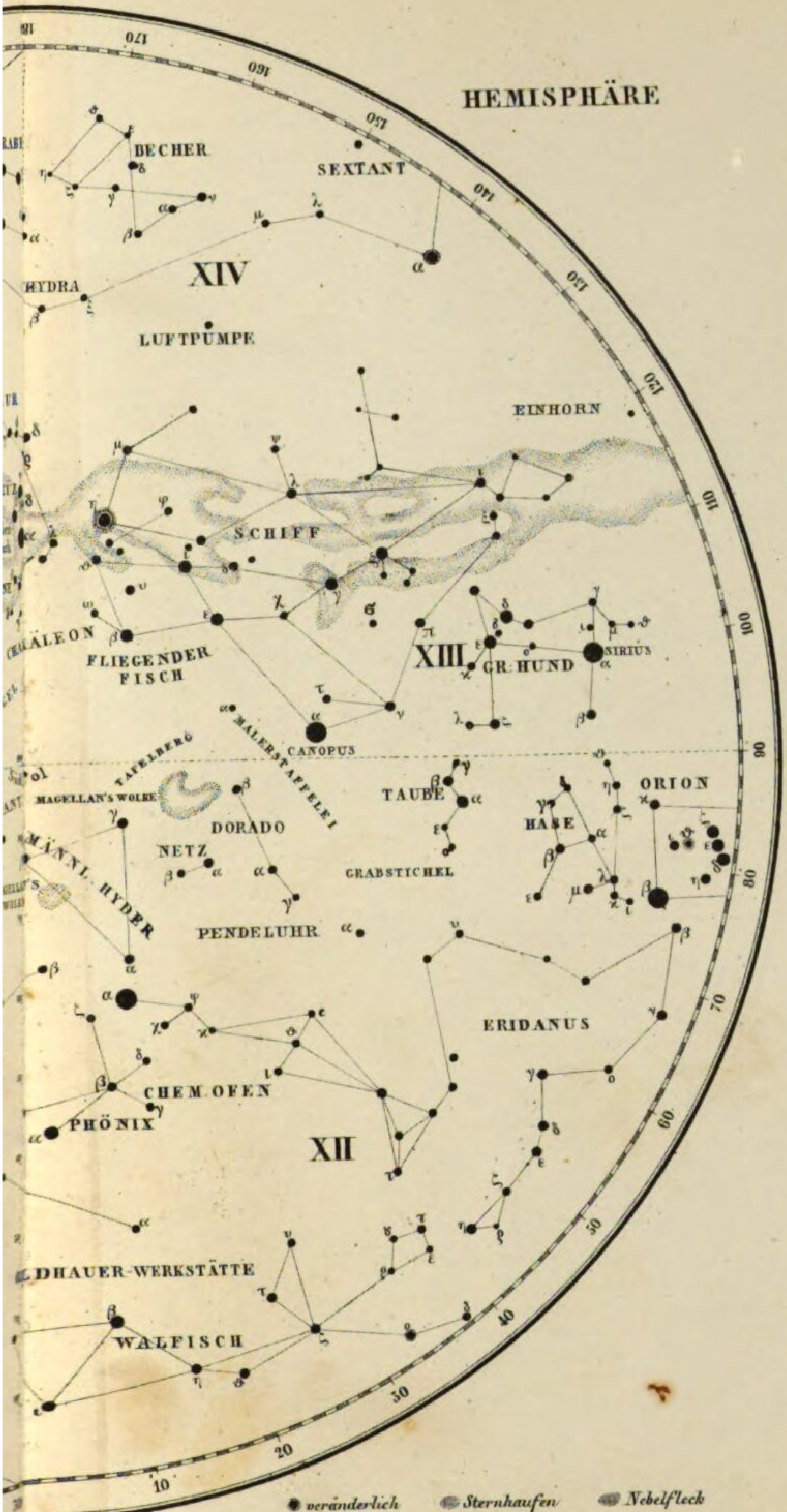


HEMISPHÄRE
SPICA
JUNGFRAU
WAGE
SKORPION
ANTARES
ARCTUR
BOOTES
JAGDHUNDE
SCHLANGE
KRONE
VII
HERKULES
OPHIUCHUS
DRACHE
III
KOPF DES DRACHEN
IX
WEGA
LEIER
GANS
SCHWAN
DENEB
PFEIL
ADLER
ATAIR
FUCHS
ANTINOUS
EIDECHSE
DELPHIN
KL. PFERD
PEGASUS
WASSERMANN
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
veränderlich
Sternhaufen
Nebelfleck

SÜDLICHE


JUNGFRAU
AEHRE
Ekliptik
WAGE
SCHLANGE
CENTAUR
WOLF
KREUZ
Kohlen sack
ANTARES
OPHIUCHUS
SCORPION
ZIRKEL
BIENE
LINEAL
SCHLANGE
X
TRIANGEL
ALTAR
PARADIESVOGEL
TELESCOP
SCHÜTZE
OCTANT
PFAU
SCHILD DES SOBIESKI
SÜDL. KRONE
INDIANER
TUCAN
ANTINOUS
MICROSCOP
KRANICH
STEINBOCK
SÜDL. FISCH
XI
FOMALHAUT
WASSERMANN
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
1te 2te 3te 4te 5te 6te Grösse

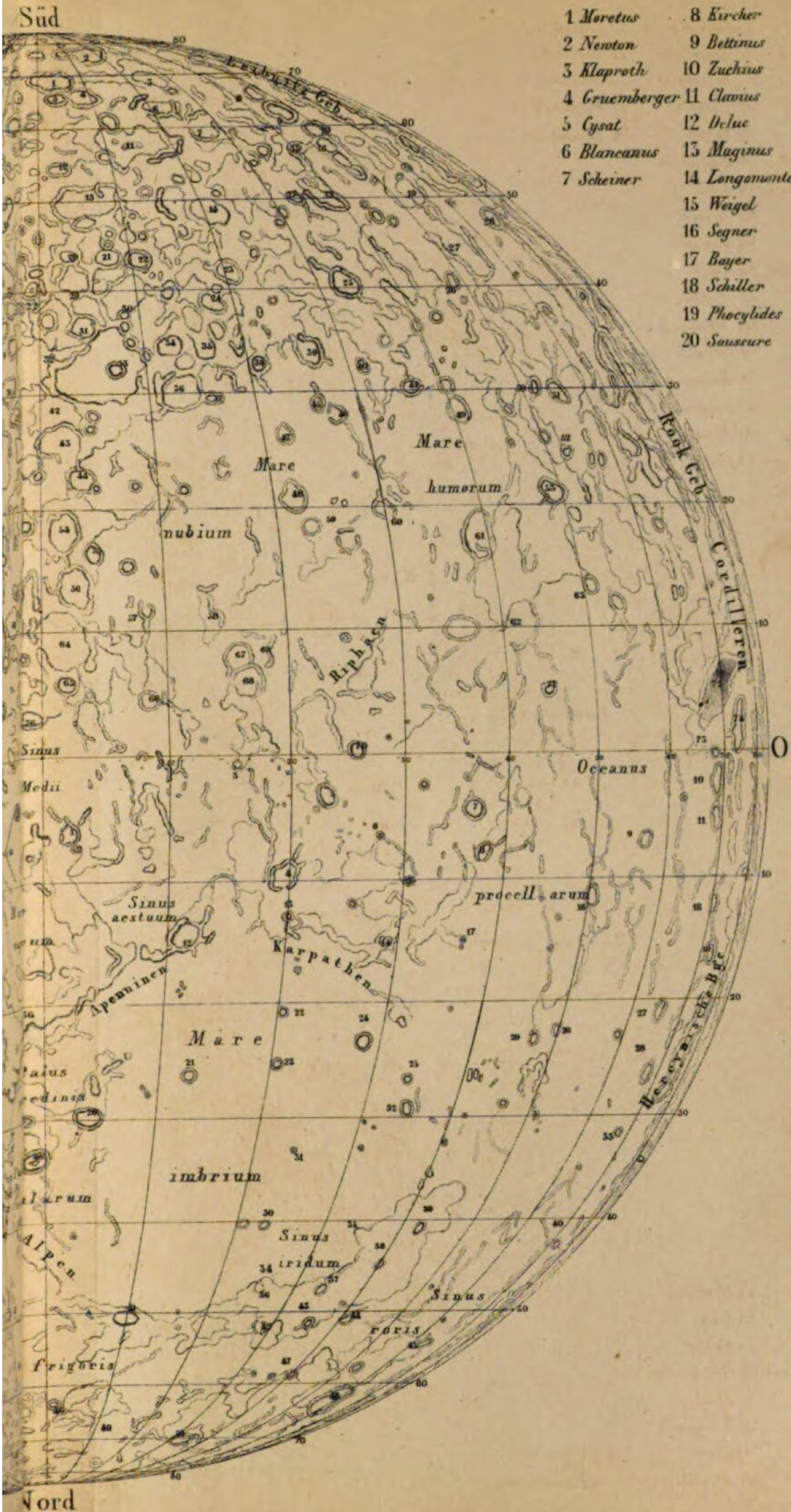
Tafel II.


HEMISPHÄRE
BECHER
SEXTANT
XIV
HYDRA
LUFTPUMPE
EINHORN
SCHIFF
XIII
GR. HUND
SIRIUS
FLIEGENDER FISCH
CANOPUS
MALERSTAFFELEI
TAFELBERG
MAGELLAN'S WOLKE
DORADO
TAUBE
HASE
ORION
NETZ
GRABSTICHEL
MÄNNL. HYDER
PENDELUHR
ERIDANUS
CHEM. OFEN
PHÖNIX
XII
WALFISCH
veränderlich
Sternhaufen
Nebelfleck

1 *Boussingault*	28 *Riccius*	55 *Colombo*	72 *Guttemberg*
2 *Curtius*	29 *Rabbi Levi*	56 *Magellan*	73 *Torricelli*
3 *Pontécoulant*	30 *Zagut*	57 *Beaumont*	74 *Delambre*
4 *Nearch*	31 *Lindenau*	58 *Theophil*	75 *Hipparch*
5 *Rosenberger*	32 *Büsching*	59 *Cyrill*	76 *Réaumur*
6 *Vlacq*	33 *Buch*	60 *Katharina*	
7 *Hommel*	34 *Gemma Frisius*	61 *Kant*	
8 *Pitiscus*	35 *Poisson*	62 *Tacitus*	
9 *Baco*	36 *Aliacensis*	63 *Almamon*	
10 *Jacobi*	37 *W. Humboldt*	64 *Geber*	
11 *Zach*	38 *Petavius*	65 *Abulfeda*	
12 *Lilius*	39 *Snellius*	66 *Albategnius*	
13 *Vega*	40 *Borda*	67 *Parrot*	
14 *Steinheil*	41 *Santbech*	68 *Maclaurin*	
15 *Fabricius*	42 *Fracastor*	69 *Langren*	
16 *Metius*	43 *Piccolomini*	70 *Messier*	
17 *Nicolai*	44 *Polybius*	71 *Goclen*	
18 *Maurolycus*	45 *Fermat*		
19 *Cuvier*	46 *Sacrobosco*		
20 *Licetus*	47 *Pontanus*		
21 *Stöfler*	48 *Azophi*		
22 *Nasireddin*	49 *Abenezra*		
23 *Furnerius*	50 *Apian*		
24 *Stevin*	51 *Playfair*		
25 *Rheita*	52 *Werner*		
26 *Neander*	53 *Ansgarius*		
27 *Stiborius*	54 *Vendelin*		



1 *Neper*	27 *Manilius*		
2 *Firmicus*	28 *Einmart*		
3 *Appollonius*	29 *Plutarch*		
4 *Taruntius*	30 *Cleomed*		
5 *Arago*	31 *Macrobius*		
6 *Sabine*	32 *Römer*		
7 *Ritter*	33 *Littrow*		
8 *Dionys*	34 *Le Monnier*		
9 *Sosigenes*	35 *Bessel*		
10 *J. Caesar*	36 *Cönon*		
11 *Godin*	37 *Gauss*		
12 *Agrippa*	38 *Geminus*		
13 *Boscovich*	39 *Bernoulli*		
14 *Higinus*	40 *Messala*		
15 *Rhaeticus*	41 *Berzelius*		
16 *Triesnecker*	42 *Franklin*		
17 *Agarum Cap*	43 *Posidonius*		
18 *Picard*	44 *Calipp*		
19 *Proclus*	45 *Autolycus*	53 *Herkules*	
20 *Jansen*	46 *Aristill*	54 *Bürg*	
21 *Vitruv*	47 *Cassini*	55 *Eudox*	
22 *Maraldi*	48 *Schumacher*	56 *Aristoteles*	
23 *Plinius*	49 *Merkur*	57 *Egede*	
24 *Ross*	50 *Hook*	58 *Endymion*	
25 *Acherusia Cap*	51 *Cepheus*	59 *Strabo*	61 *Meton*
26 *Menelaus*	52 *Atlas*	60 *Demokrit*	62 *Archytas*



E. Hochdanz

1 *Moretus*
2 *Newton*
3 *Klaproth*
4 *Gruemberger*
5 *Cysat*
6 *Blancanus*
7 *Scheiner*
8 *Kircher*
9 *Bettinus*
10 *Zuchius*
11 *Clavius*
12 *Deluc*
13 *Maginus*
14 *Longomontan*
15 *Weigel*
16 *Segner*
17 *Bayer*
18 *Schiller*
19 *Phocylides*
20 *Saussure*
21 *Pictet*
22 *Tycho*
23 *Wilhelm I.*
24 *Heinsius*
25 *Hainzel*
26 *Drebbel*
27 *Schikard*
28 *Inghirami*
29 *Orontius*
30 *Sasserides*
31 *Lexell*
32 *Walter*
33 *Hell*
34 *Gauricus*
35 *Wurzelbauer*
36 *Pitatus*
37 *Hesiod*
38 *Cichus*
39 *Capuanus*
40 *Ramsden*
41 *Vitello*
42 *Regiomontan*
43 *Purbach*
44 *Tebit*
45 *Mercator*
46 *Campanus*
47 *Kies*
48 *Bulliald*
49 *Doppelmayer*
50 *Fourier*
51 *Vieta*
52 *Cavendish*
53 *Mersenius*
54 *Arzachel*
55 *Alpetragius*
56 *Alphons*
57 *Davy*
58 *Guericke*
59 *Lubienizky*
60 *Agatharchides*
61 *Gassendi*
62 *Letronne*
63 *Billy*
64 *Ptolemaeus*
65 *Herschel*
66 *Lalande*
67 *Parry*
68 *Fra Mauro*
69 *Bonpland*
70 *Landsberg*
71 *Flamsteed*
72 *Grimaldi*
73 *Lohrmann*
74 *Riccioli*

1 *Pallas*
2 *Bode*
3 *Gambart*
4 *Copernicus*
5 *Reinhold*
6 *Hortensius*
7 *Encke*
8 *Keppler*
9 *Reiner*
10 *Hevel*
11 *Cavalerius*
12 *Eratosthenes*
13 *Gay Lussac*
14 *Tob. Mayer*
15 *Milichius*
16 *Marius*
17 *Bessarion*
18 *Cardanus*
19 *Krafft*
20 *Archimed*
21 *Timocharis*
22 *Pytheas*
23 *Lambert*
24 *Euler*
25 *Diophant*
26 *Herodot*
27 *Seleucus*
28 *Briggs*
29 *Aristarch*
30 *Helicon*
31 *Carlini*
32 *Delisle*
33 *Lichtenberg*
34 *Laplace Cap*
35 *Heraklid Cap*
36 *Maupertuis*
37 *Bianchini*
38 *Sharp*
39 *Mairan*
40 *Harding*
41 *Plato*
42 *Condamine*
43 *Bouguer*
44 *Harpalus*
45 *Oenopides*
46 *Timaeus*
47 *Horrebow*
48 *Pythagoras*
49 *Anaxagoras*
50 *Philolaus*

Fig. 1.

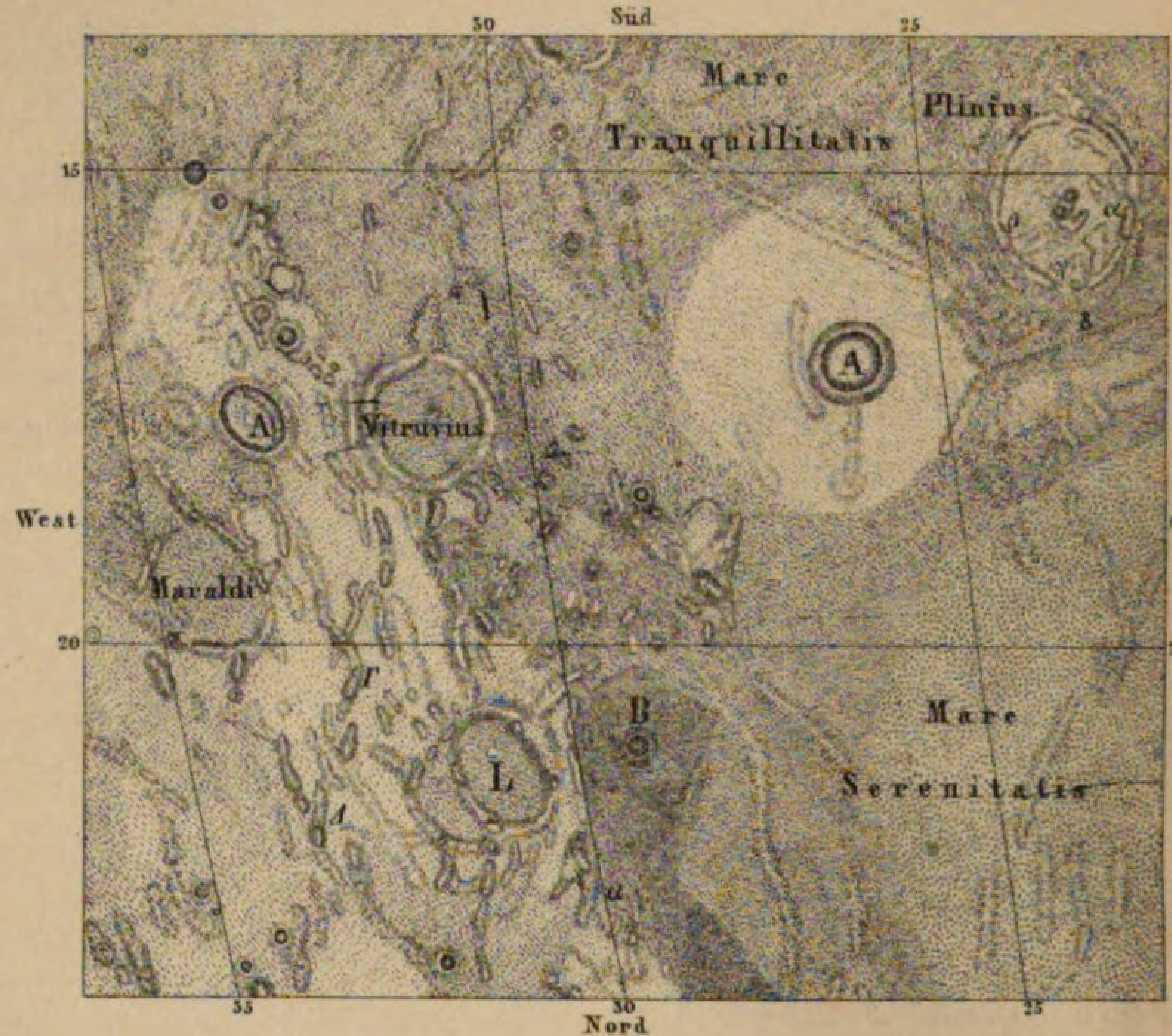
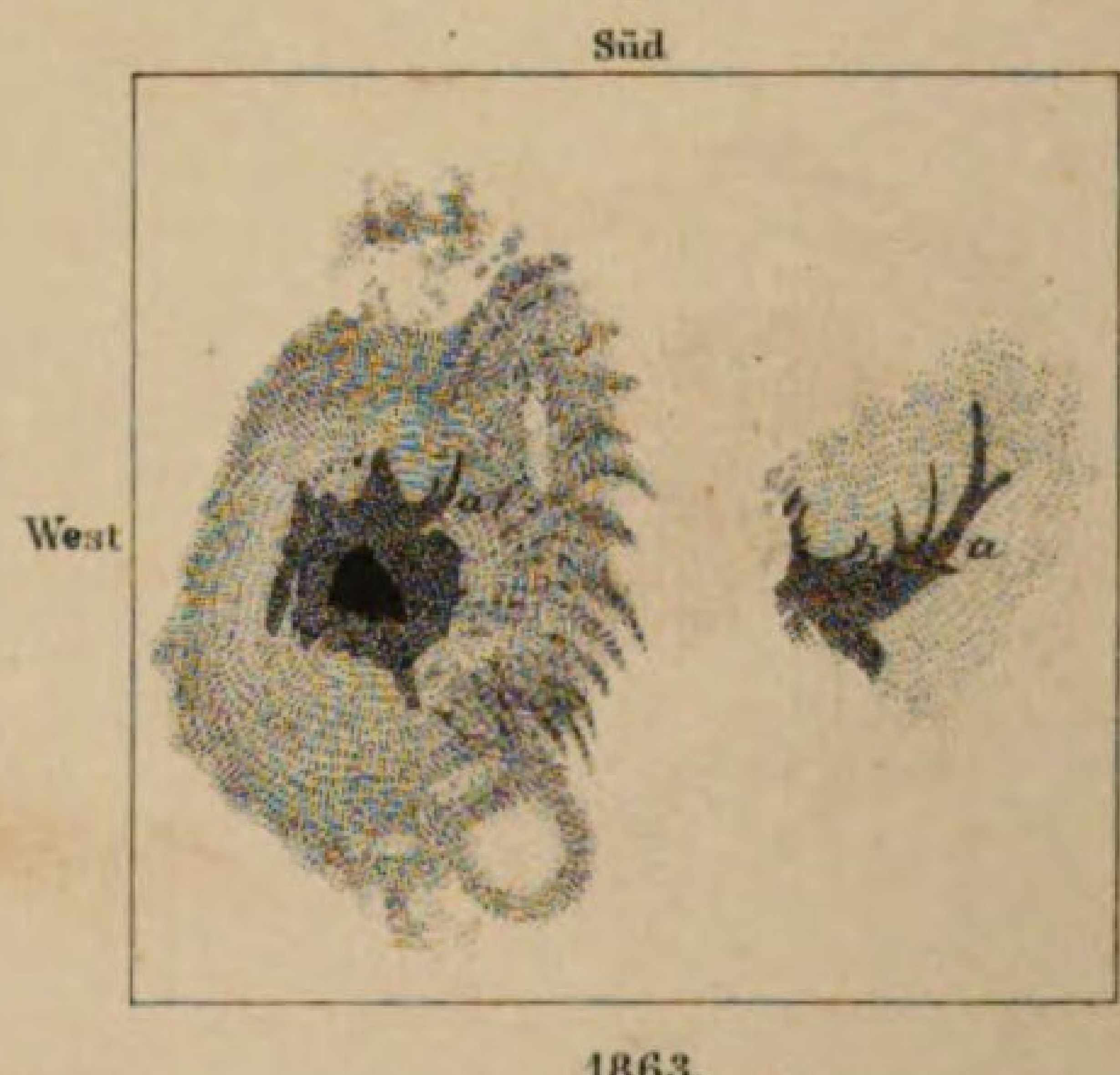
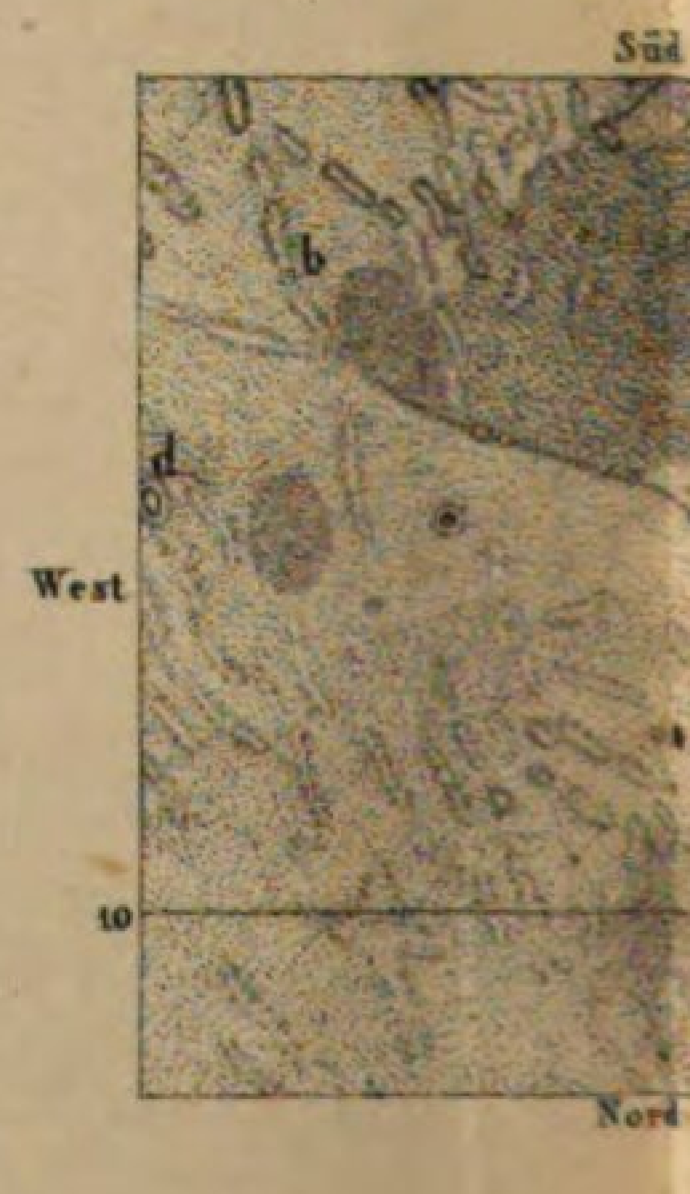


Fig. 4.



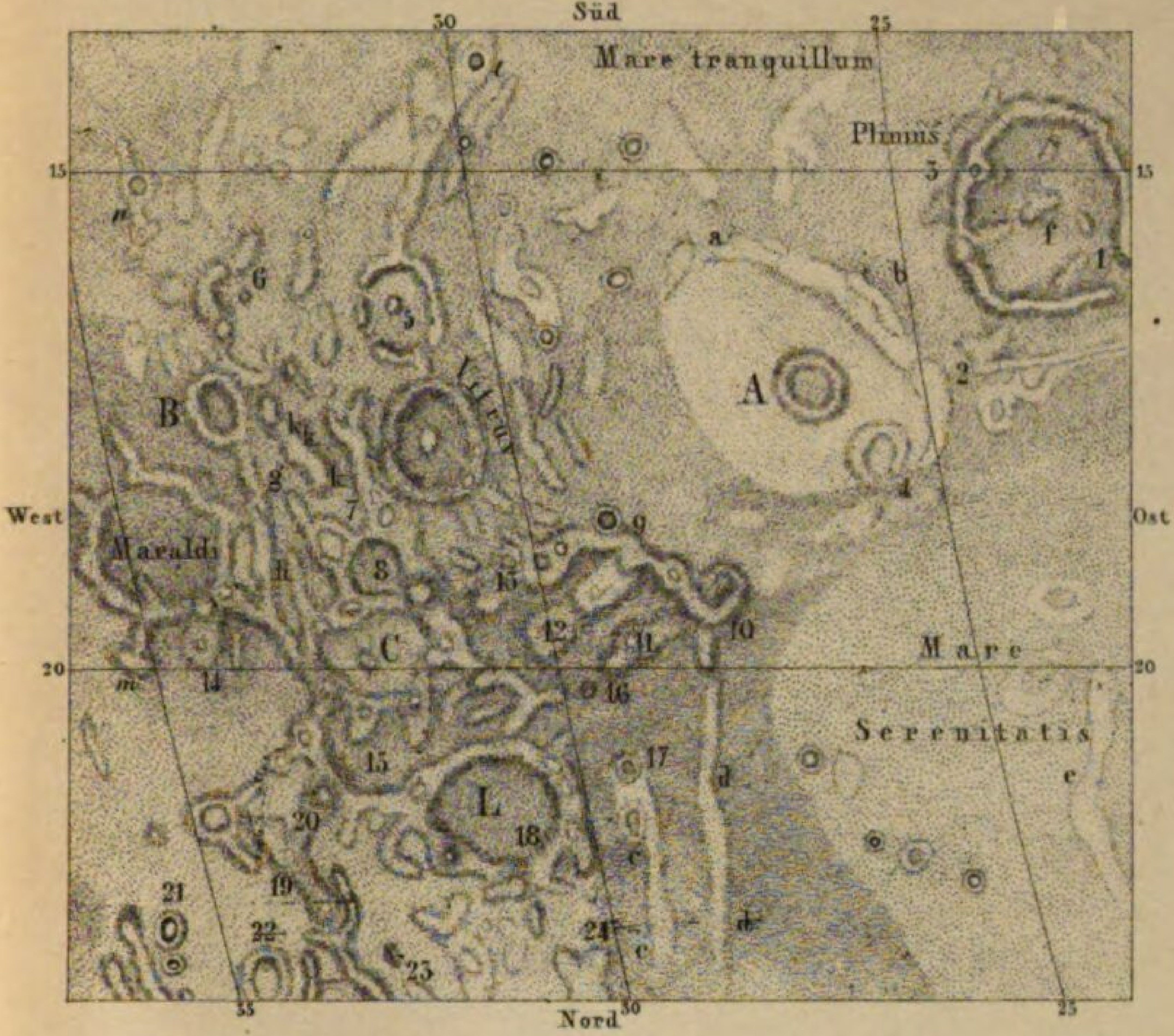
1863.
April 14. 11^{h}

Fig.



Art.A.v.E Hochdanz.

Fig. 2.



3.

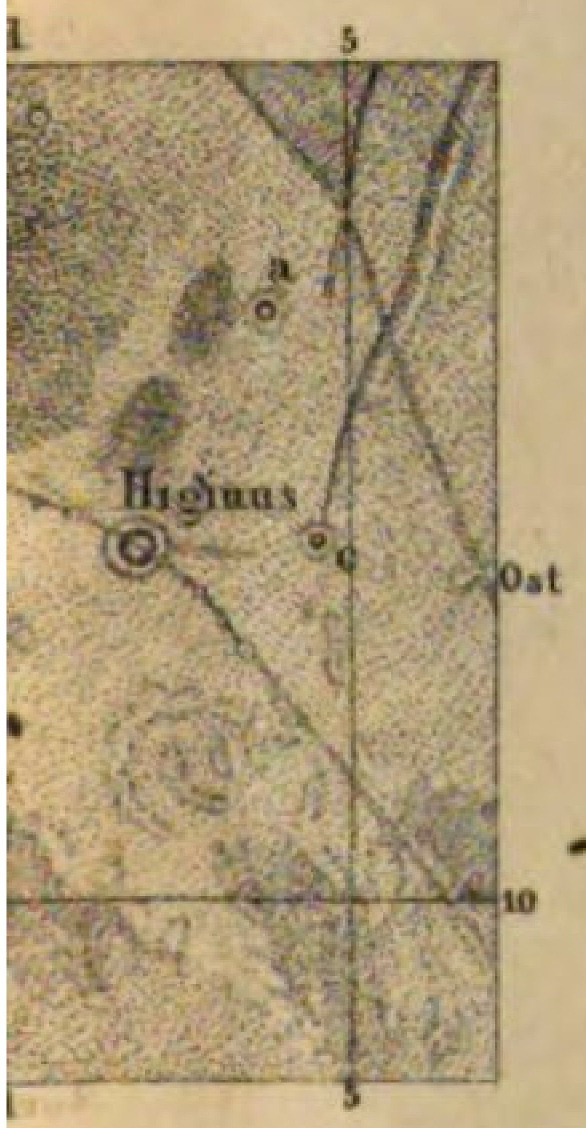
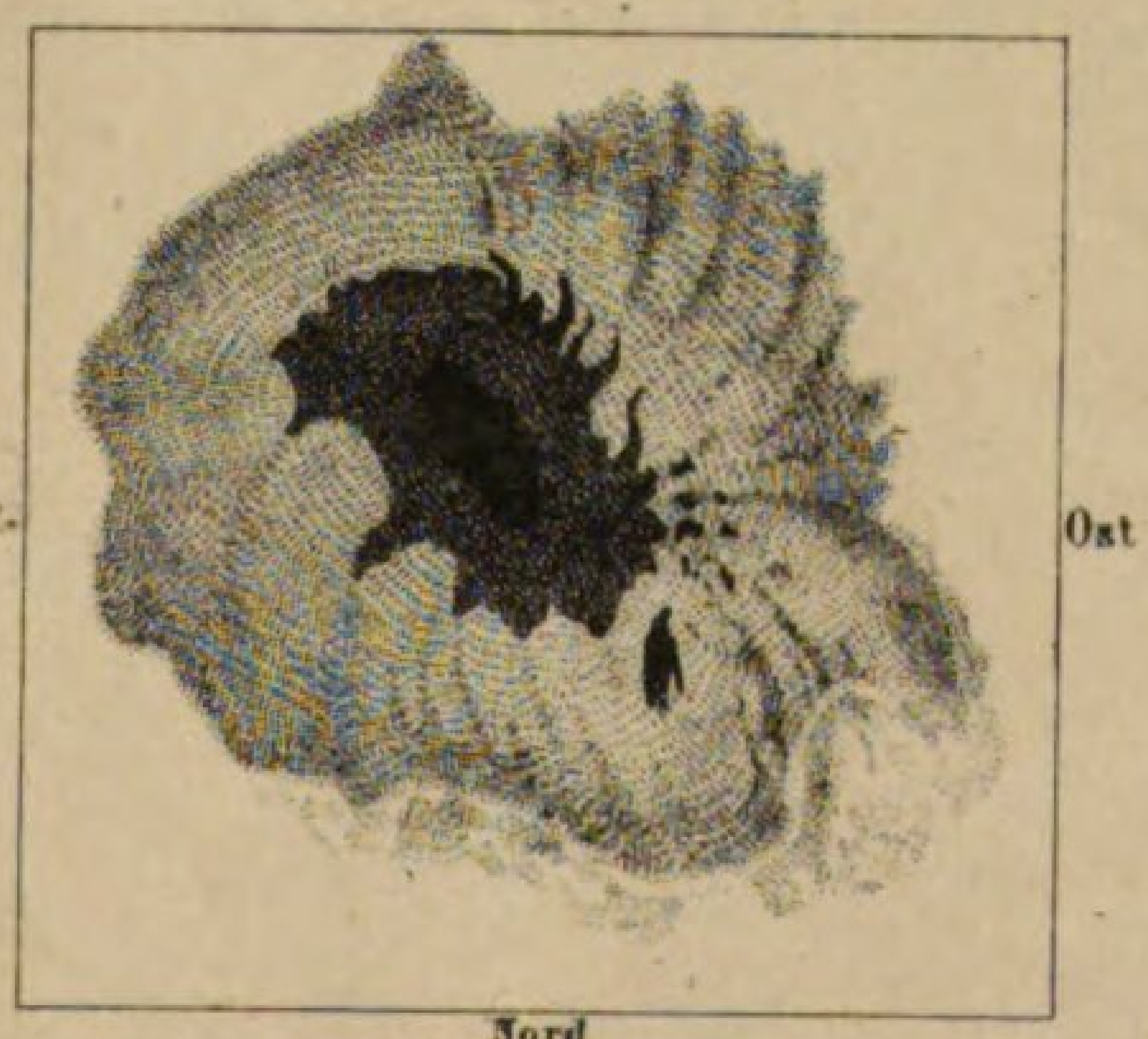


Fig. 5.



1863
Apr. 15 3^h

Taf. V

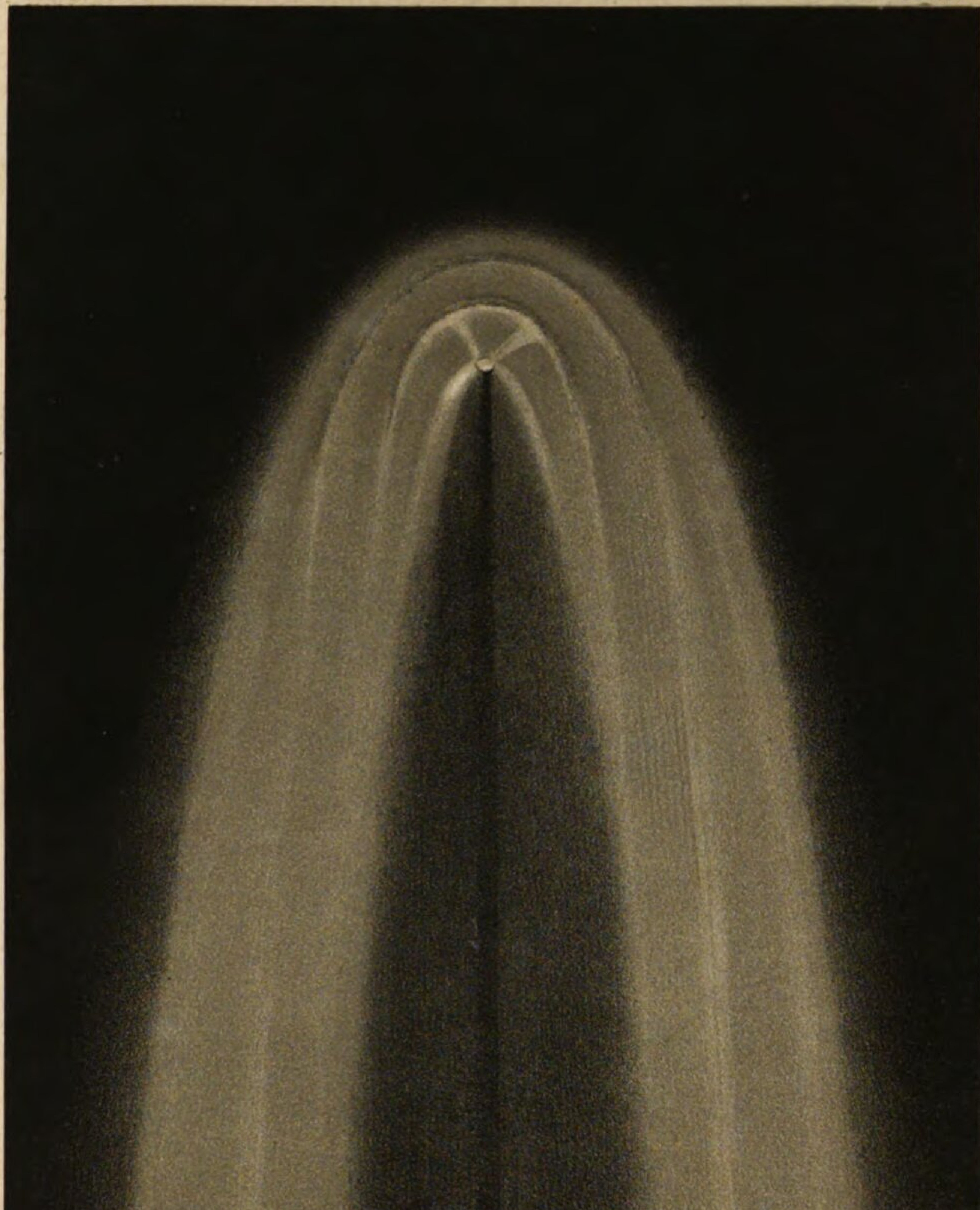


Fig. 1

Fig. 2

Art. Anst. v. E. Hochdanz.

Taf. VI



Art: Anst: v. E. Hochdanz.

Comet Donati. 2 Oct. 1858.

Taf. VII



Fig. 1.

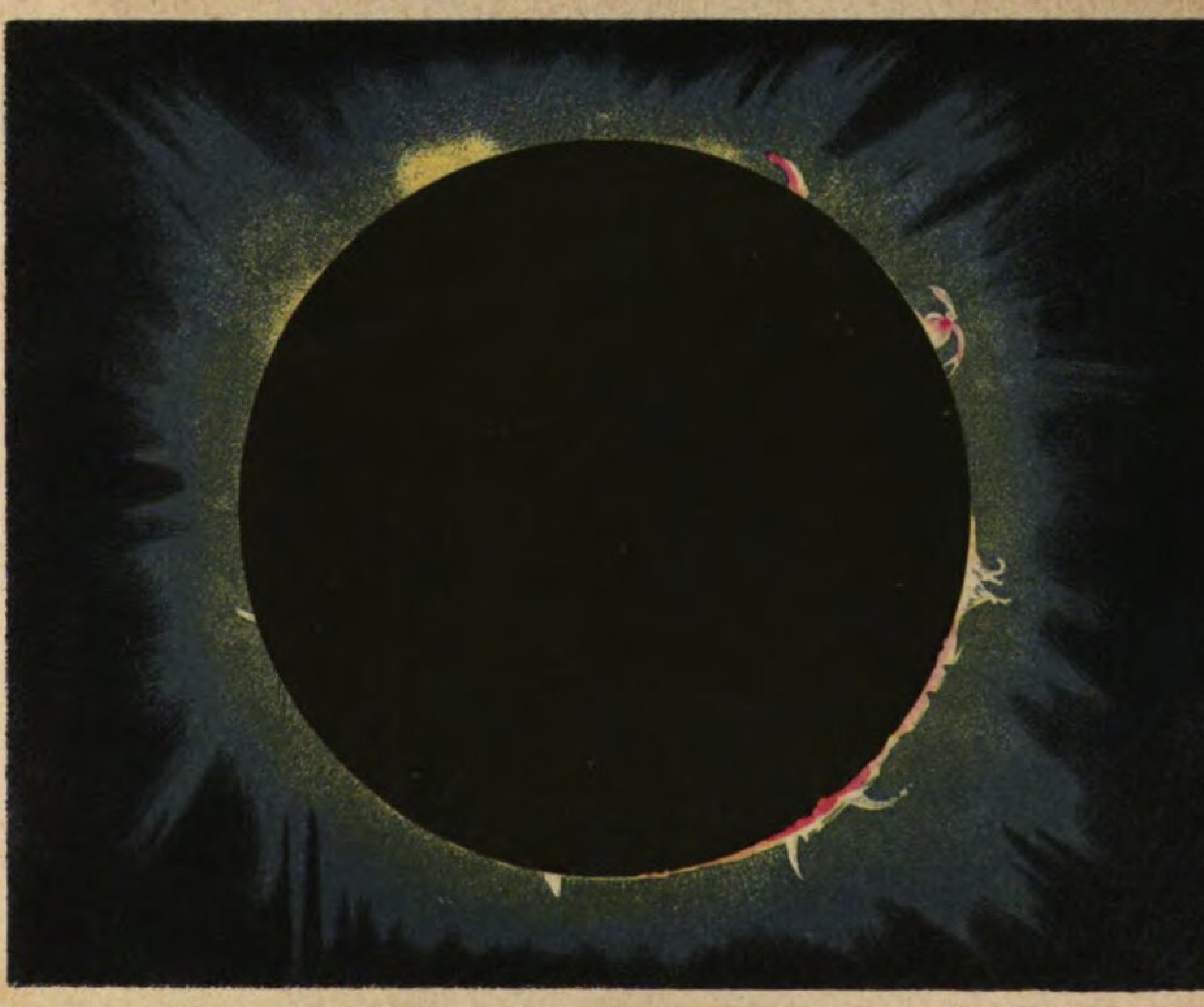


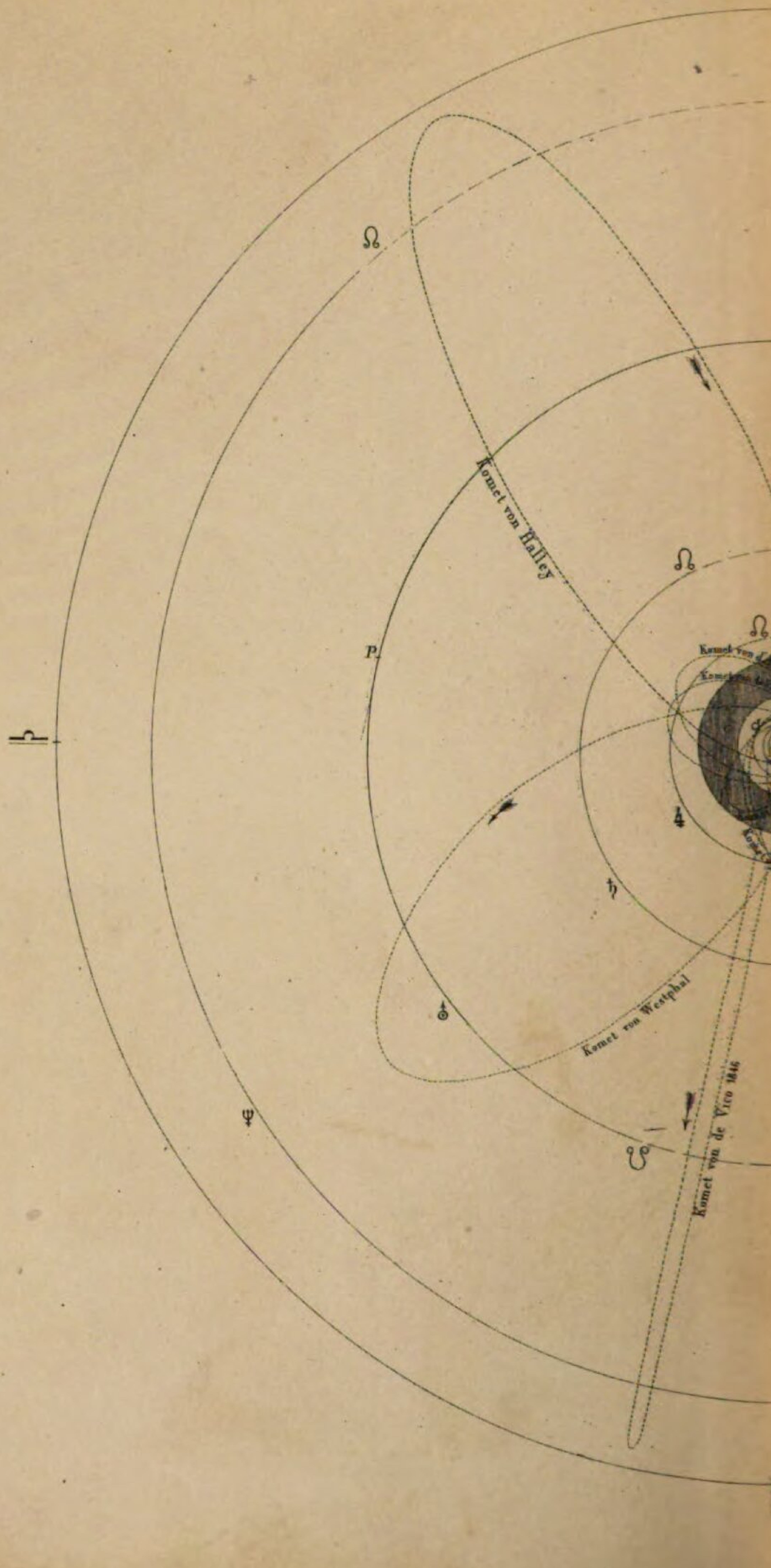
Fig. 2

18. 7. 1860



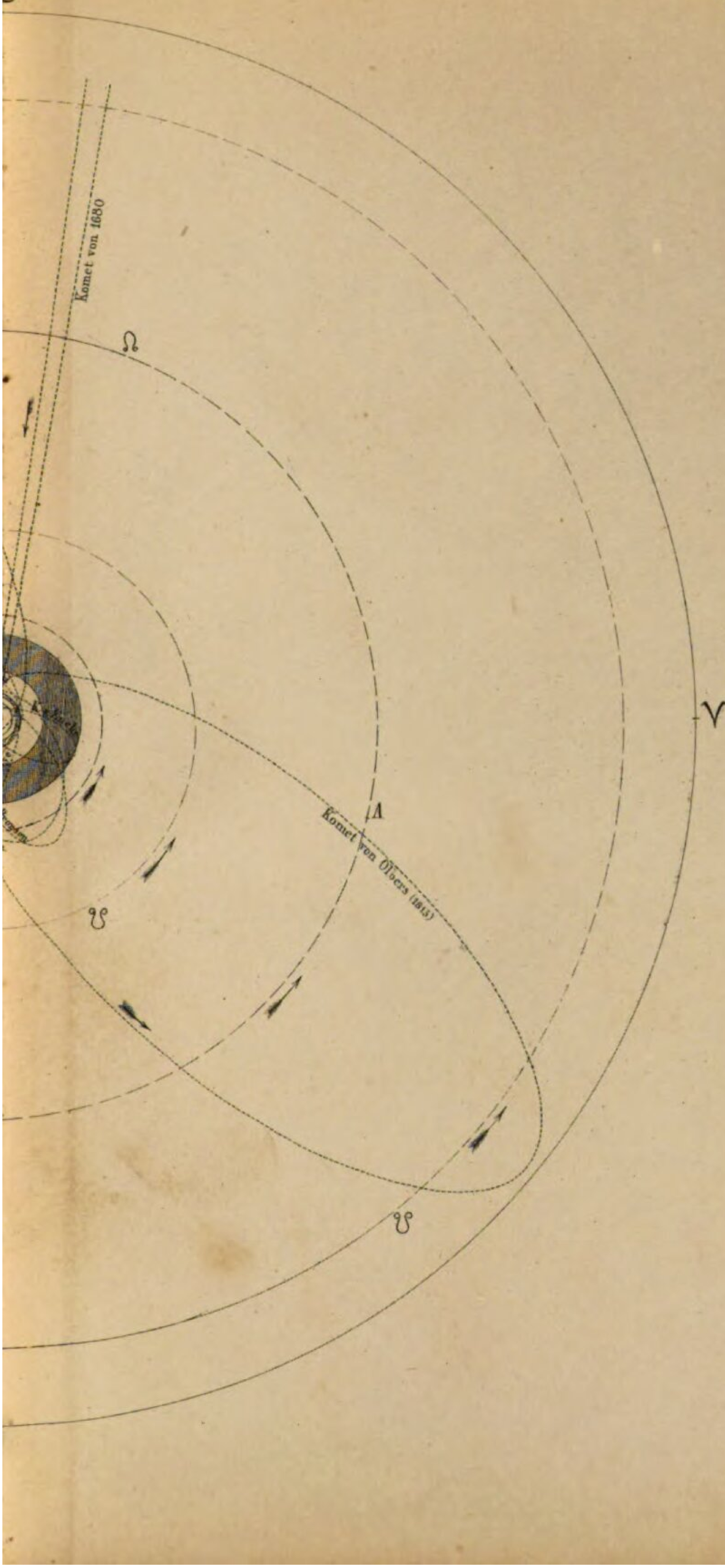
Art A v E Hochdanz.

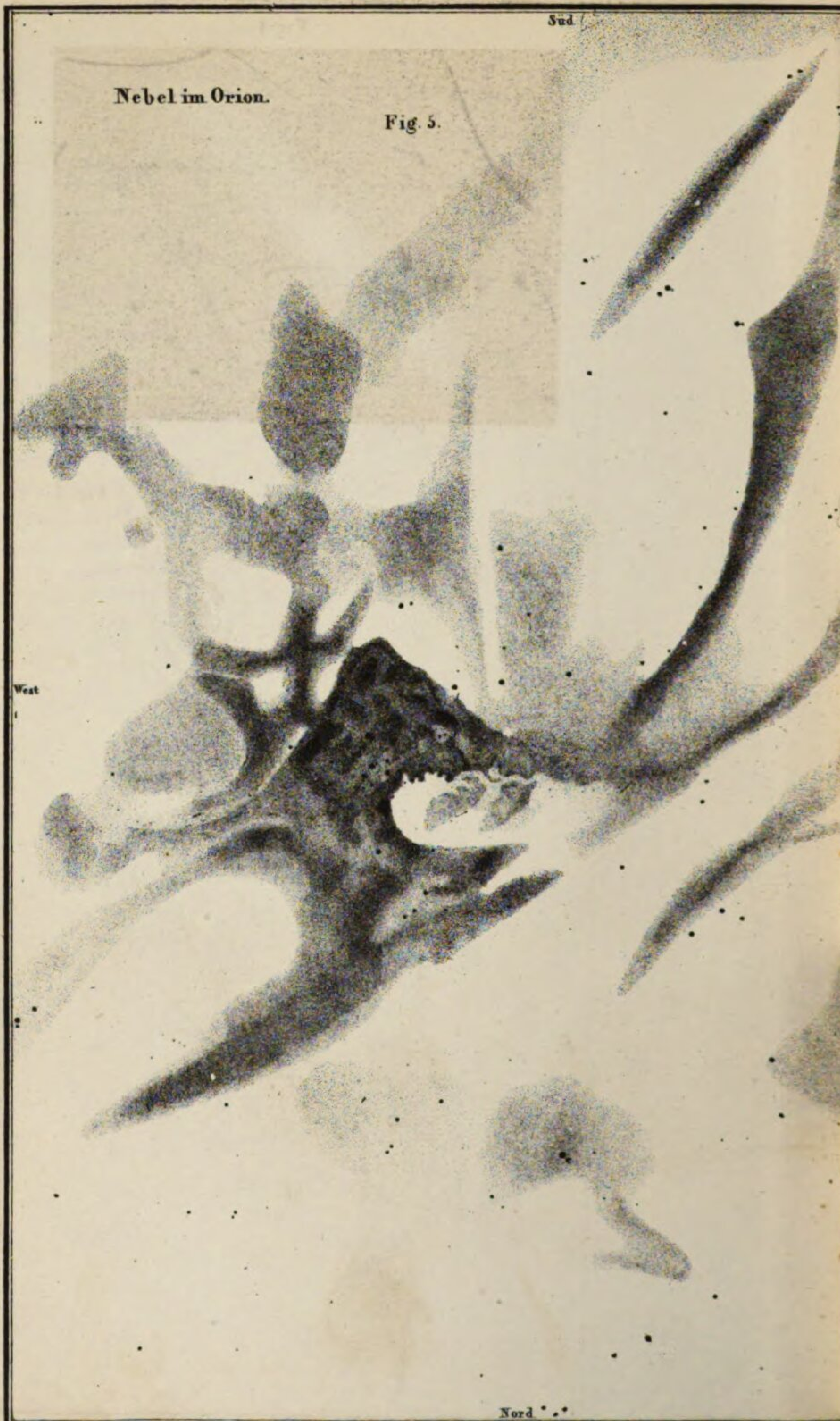
Danzig, 28. Juli 1851.



Komet von Halley
Komet von Westphal
Komet von de Vico 1846

Tafel IX.





Süd
Nebel im Orion.
Fig. 5.
West
Nord

Fig. 1.



Fig. 2.

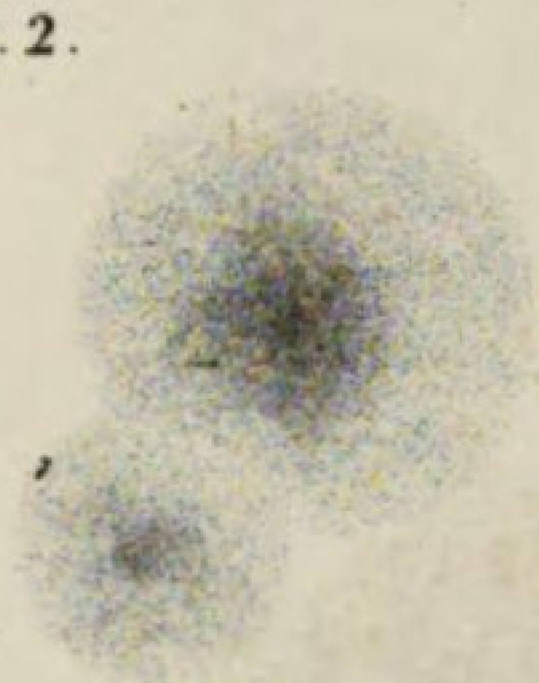
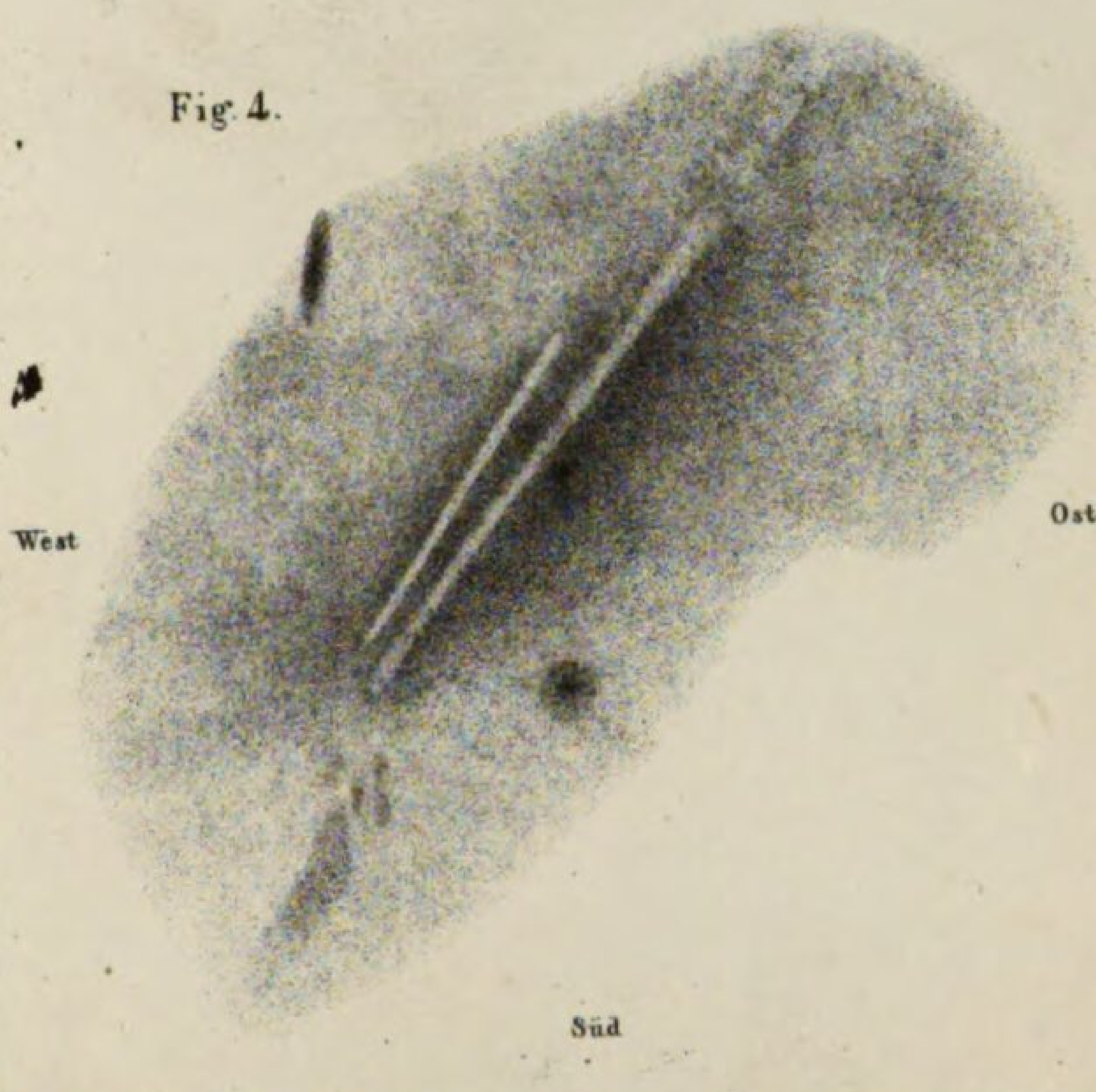


Fig. 3.



Fig. 4.



Art: Anst: v. E. Hochdanz.

Zugleich mit der **letzten** Lieferung der **Wunder des Himmels** erscheint für die verehrlichen Abonnenten als

Supplement-Atlas

die erste und zweite Lieferung von

J. J. v. Littrow's

Atlas des gestirnten Himmels

für

Freunde der Astronomie.

Dritte, vielfach verbesserte und vermehrte Auflage,

herausgegeben

von

Karl v. Littrow,

Direktor der k. k. Sternwarte in Wien.

Stuttgart. Verlag von Gustav Weise. 1866.

Derselbe erscheint in 6 Lieferungen à 5 sgr. = 18 kr. und wird circa 4 Bogen Text und 19 lithogr. Tafeln in quer 4°. enthalten. Der Atlas wird Freunden der Astronomie und besonders den Besitzern der „Wunder" ein sehr willkommenes Hülfsmittel sein und eine große Erleichterung bei ihrem Studium gewähren. — Als **compleRter, selbstständiger Atlas** erscheint derselbe erst, nachdem die geehrten Abonnenten der „Wunder" bereits im vollständigen Besitz der sechs Lieferungen sind.

Verlag von Krais & Hoffmann in Stuttgart.

Sechster Jahrgang, 1866, mit der Kupferstich-Prämie:

Freya,

Heilige Kindheit von P. P. Rubens,

12 Monathefte à 24 kr. südd. = 7 ½ sgr.

Mit zahlreichen Abbildungen in Holzschnitt, Stahlstich und Farbendruck.

Die Freya ist eine Zeitschrift für Alle: für den Leser, der eine gebildete Unterhaltung sucht, wie für den, der nach Belehrung strebt. Das Wahre und Schöne zum allgemeinen Genuß und Verständniß in Wort und Bild auszuprägen, ist das hohe Ziel, das sie zu erreichen sucht. Sie huldigt dem Geiste des Fortschritts auf allen Gebieten des Lebens und Wissens und hält sich eben so fern von Engherzigkeit und matter Charakterlosigkeit, als von Uebertreibung und frivolen Reizmitteln; auch wird sie sich mehr als bisher geschehen, mit den Weltereignissen und Zuständen der Gegenwart beschäftigen. Diese Haltung soll ihr den Stempel eines **wahren Familienblattes** verleihen und sie allen Gesellschaftskreisen zur stets willkommenen Erscheinung machen.

Man subscribirt auf die **Freya** bei allen **Buchhandlungen** und **Postämtern.**

☛ Hierzu eine **Extrabeilage,** betreffend die englischen und französischen Unterrichtswerke nach der Methode **Toussaint-Langenscheidt.**

Druck von C. Hoffmann in Stuttgart.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Littrow, Joseph Johann <<von>>,

Die Wunder des Himmels oder gemeinfassliche Darstellung des Weltsystemes

Stuttgart 1866

Astr.u. 101 ld-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10061020-4